This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

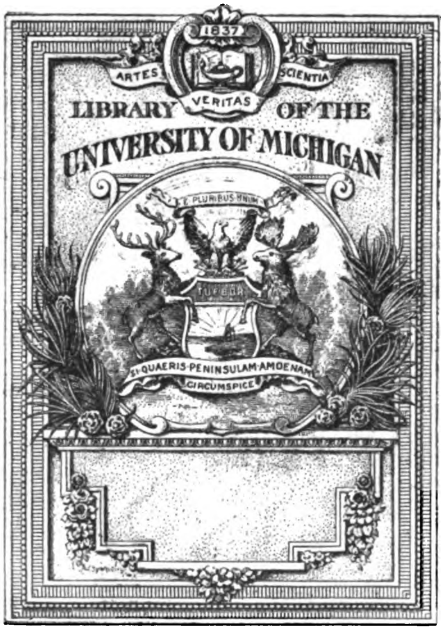
About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

BUHR B

a39015 00008734 9b

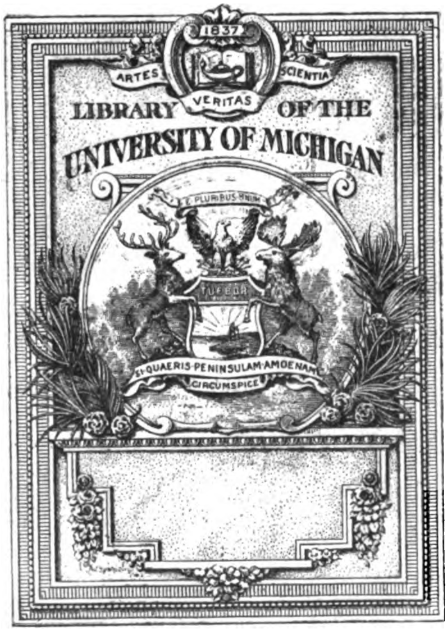
Digitized by Google



Digitized by Google

SCIENCE LIBRARY
QK
725
.B83
1851

Digitized by Google



Digitized by Google

SCIENCE LIBRARY
QK
725
.B83
1851

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

M. W. Harrington
Dec. 1876

18100

BETRACHTUNGEN
über die Erscheinung
der
VERJÜNGUNG IN DER NATUR,
insbesondere
in der Lebens- und Bildungsgeschichte der Pflanze.

Von
D^R. ALEXANDER BRAUN,
Carl Heinrich
ordentlichem Professor der Botanik in Giessen.

University of Michigan General Library

MIT DREI ILLUMINIRTEN TAFELN.

LEIPZIG,
Verlag von Wilhelm Engelmann.
1851.

Digitized by Google

An den Leser.

Die vorliegende Schrift „über die Verjüngungserscheinungen in der Natur, insbesondere in der Lebens- und Bildungsgeschichte der Pflanze“ wurde bereits im Mai vorigen Jahres von der hohen Schule zu Freiburg im Breisgau, der der Verfasser damals angehörte, und für welche sie, als ein Prorektoratsprogramm, zunächst bestimmt war, in einem kleineren Kreise verbreitet; ihr Erscheinen im grösseren Kreise der wissenschaftlichen Welt wurde durch mancherlei Umstände verzögert, Umstände, welche theils mit der Veränderung des Wohnorts des Verfassers durch seine inzwischen erfolgte Berufung an Giessens den Naturwissenschaften freundliche Hochschule zusammenhingen, theils Folge der Zeitereignisse waren, welche unser Vaterland mit Zwiespalt bedrohten und der ruhigen Förderung wissenschaftlicher Unternehmungen hemmend entgegenwirkten.

Digitized by Google

Der Inhalt der Schrift, welche einen Versuch bietet, die speciellen Theile botanischer Forschung durch einen verbindenden Gedanken unter sich und mit dem Ganzen der Wissenschaft inniger zu verknüpfen, die alten Aufgaben in neuem Sinne zu fassen und zu verfolgen, ist unterdessen, so hofft der Verfasser, nicht alt geworden, so dass er getrost mehrseitiger freundlicher Aufforderung folgen und sein kleines Werk der allgemeineren Verbreitung übergeben kann. Möge der Leser es freundlich aufnehmen, als ein Schärflein zu dem grossen Werke, zu dem die Naturforschung berufen ist, und zu welchem jeder einzelne Arbeiter in eigener Art das Seinige beizutragen sucht, für welches zu wirken in Wort und Schrift des Naturforschers Glück, Leben und Streben ist.

Giessen im Februar 1851.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Uebersicht des Inhalts.

Seite

Vorwort: Entstehung und Aufgabe der Abhandlung nebst Nachträgen zum speziellen Theil derselben . . . VII

Eingang: Betrachtung der Erscheinung und des Wesens der Verjüngung im Allgemeinen übergehend zu den Verjüngungserscheinungen an der Pflanze insbesondere, welche in drei Abschnitte zerfallen . . . 3

I. Sprossbildung, als Verjüngungsmittel des Pflanzenstocks . . . 23

1. Individuelle Natur der Sprosse . . . 25
2. Sprossbildung als untergeordnete Fortpflanzung und dadurch bedingter Generationswechsel der Pflanze . . . 27
   a. Ursprung der Sprosse . . . 28
   b. Mangelhaftigkeit derselben . . . 31
   c. Ergänzungsverhältniss . . . 34
   d. Unterscheidung wesentlicher und unwesentlicher Sprosse . . . 39
   e. Bedeutsamkeit der letzteren in Beziehung auf
      α. Charakteristik . . . 41
      β. Oekonomie des Pflanzenlebens . . . 44
   f. Uebergangsfälle . . . 46

II. Blattbildung, die Verjüngungsabschnitte am einzelnen Spross bedingend . . . 55

1. Verjüngungserscheinungen am Spross durch rückschreitenden und schwankenden Gang der Metamorphose . . . 55
2. Die aufsteigende Metamorphose in ihren Hebungen und Senkungen betrachtet . . 63
   a. Uebersicht der Blattformationen . . . 66
   b. Wechsel in den Breitenverhältnissen des Blattgrundes nach den Blattformationen . . . 71
   c. Desgleichen in der Längenentwicklung des Blatts . . . 74
   d. Schwinden der Blattbildung in bestimmten Regionen . . . 88

Digitized by Google

Seite
3. Die einzelnen Blätter als Verjüngungsglieder im Gang der Metamorphose 108
a. Beurtheilung der Schultz'schen Lehre von den Anaphyten der Pflanze 109
b. Desgleichen der E. Meyer'schen und anderer Ansichten vom Aufbau der Pflanze aus Blättern, so wie der Steenstrup'schen vom Generationswechsel der Pflanze 114
c. Verhältniss des Stengels zur Blattbildung 115
erläutert durch die Betrachtung der Grundorgane der Pflanze 116
d. Bildungsgeschichte des Blatts 121
e. Bemerkungen über Blattstellung 124
III. Zellbildung, den unmittelbaren Heerd der Verjüngungserscheinungen darstellend 129
1. **Bildung der Zelle überhaupt** 131
a. Ausgang der Pflanze und des Pflanzenreichs von der einfachen Zelle 132
α. Einzellige Pflanzen in verschiedenem Sinn 132
β. Stufenfolge mehrzelliger Pflanzen 138
b. Die einzelnen Zellen für sich betrachtet 165
α. Vieldeutigkeit des Wortes Zelle 165
β. Haut und Inhalt der Zelle 166
γ. Zellen ohne Haut 167
δ. Inhaltshaut (Primordialschlauch) 167
ε. Weitere Abtheilungen des Inhalts 181
ι. Zellkern 185
2. **Entbildung der Zelle,** als Vorbedingung der Verjüngung derselben 187
A. Der Zellhaut 188
a. Ablösung derselben 188
α. durch Zerreissung 188
β. durch völlige Abschälung (Häutung der Zelle) 192
γ. Ausschlupfen der sich verjüngenden Zelle aus der alten Haut (besonders nachgewiesen bei den beweglichen Keimzellen der Algen) 194
δ. Beispiele unvollkommener Befreiung von Keimzellen 199
b. Erweichung und Auflösung der Zellhaut 202
B. Entbildungsprozesse im Inhalt der Zelle 207
a. Auflösung der Stärke 209
b. Verschwinden des Fettes 213
bedingt durch vorhergegangene Austrocknung 219
(erläutert durch die Lebensgeschichte von Chlamidococcus und Chlamidomonas) 219
c. Verhältniss dieser Erscheinungen zum thierischen Stoffwechsel 232
d. Der nächtliche Athmungsprozess der Pflanzen 235
e. Die Verjüngungserscheinungen der Zelle in ihrem Verhältniss zu den Tageszeiten 237

Digitized by Google

Seite

3. **Neubildung der Zelle, als Verjüngungsprozess betrachtet** 242

Arten und Grade der Neubildung:

A. Neubildung ohne Theilung der Zelle 245

B. mit Theilung in zwei Tochterzellen 248

(Verschiedenheit der Darstellung derselben durch Mohl, Unger, Nägeli). 251

a. Theilung durch allmählige Einschnürung (bestätigt an Spirogyra). 256

b. Theilung mit auf der ganzen Theilungsfläche gleichzeitig (?) eintretender Grenzbildung. 264

*B**. Neubildung mit Theilung in zwei Zellen, von denen die eine unverändert Mutterzelle bleibt, die andere als Tochterzelle sich abscheidet (Zellbildung durch Abschnürung) 268

C. Neubildung mit Theilung in vier Tochterzellen 272

Zusammenhang derselben mit der Zweitheilung 275

D. mit Theilung in unbestimmt viele Tochterzellen 277

1. durch Theilung eines die ganze Höhle der Zelle erfüllenden Inhalts. 278

2. durch Theilung einer die Wand der Mutterzelle überziehenden Inhaltsschicht (besonders erläutert an Hydrodictyon) 279

Verbindungsfall 289

E. Partielle Neubildung durch Bildung von Tochterzellen im Inhalte der als solcher fortbestehenden Mutterzelle 291

1. Die Tochterzellen entstehen dicht an der Zellwand 291

2. Die Tochterzellen bilden sich frei im Inhalte 293

a. Bildung einer freien Tochterzelle um den primären Kern der Mutterzelle . 294

b. Bildung freier Tochterzellen um sekundäre Kerne 295

α. Bildung der Keimbläschen der Phanerogamen 295

β. der Schwindezellen im Keimsack 297

γ. der Endospermzellen 298

δ. Fälle abnormer Zellbildung 300

4. **Anhang über Vereinigung vorher getrennter Zellen (Copulation).** 301

Versuch einer Classifikation der zahlreichen Arten derselben:

A. Copulation gleicher Zellen nebst untergeordneten Modifikationen 303

B. Copulation ungleicher Zellen 316

ausgeschlossene Fälle. 318

Schlussbetrachtung: Rückblick und Anknüpfung an den Eingang 324

1. Verknüpfung der Verjüngungsgeschichte des Individuum's mit derjenigen der Art 326

a. Betrachtung der Fortpflanzung der Moose und Farne in dieser Beziehung. . . . 327

b. Die Bildung der Varietäten in ihrem Verhältniss zur Geschichte des Individuums und der Art. 332

c. Betrachtung der Bastarde (mit besonderer Schilderung des Verhaltens von *Cytisus Adami*) 337

Digitized by Google

Seite

2. Analoges Aufsteigen zu den höheren systematischen Gliederungen, von der Art zur Gattung, Familie, Ordnung, Klasse u. s. w. 343

3. Die Verjüngung als allgemeine Erscheinung der Entwicklungsgeschichte der Natur im Kleinen, wie im Grossen, als Ausdruck stets neu erwachender Erinnerung der inneren Lebensaufgaben 346

Erklärung der Abbildungen 349

Register 357

Digitized by Google

Vorwort.

Der in der beifolgenden Abhandlung durchgeführte Gedanke, die Erscheinungen der stufenweisen Bildung der Gewächse, so wie diejenigen der Fortpflanzung derselben, als Verjüngungsvorgänge, unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zusammenzufassen, und in diesem Sinne einer genaueren Betrachtung zu unterwerfen, wurde bei mir schon vor mehreren Jahren durch die Untersuchung des Wassernetzes (Hydrodictyon) geweckt, von Neuem aber angeregt im Spätherbst 1848 durch die Entdeckung der Fortpflanzungsweise des Fesselsterns (Pediastrum), einer Gattung höchst zierlicher kleiner Algen, welche von mehreren Autoren noch immer dem Thierreich zugezählt wird. In der bald darauf folgenden Jahressitzung des hiesigen Vereins für Beförderung der Naturwissenschaften (den 4. December) suchte ich denselben Gedanken in einem öffentlichen Vortrag bei Gelegenheit der Beschreibung der Bildungs- und Fortpflanzungsgeschichte der genannten Algengattung zu entwickeln und zu zeigen, dass die Kraft der Verjüngung es hauptsächlich sei, welche das organische Leben von dem anorganischen unterscheide, als welcher sowohl das stufenweise Fortschreiten der Entwicklung des individuellen Organismus, als die Wiederholung der Individuen durch die Fortpflanzung zuzuschreiben sei. Als mir hierauf im Frühling des vorigen Jahres durch das

Digitized by Google

Vertrauen meiner Collegen und die Huld Seiner Königlichen Hoheit, des Grossherzogs, des durchlauchtigsten Rectors unserer Hochschule, das Prorectorat übertragen wurde, fasste ich den Entschluss, eben diesen Gegenstand, welcher einer tieferen Erfassung fähig und eines allgemeineren Interesses würdig schien, dem nach schöner alter Sitte von dem Prorector ausgehenden Einladungsprogramm zur Feier des Geburtstages des hohen Beschützers und Rectors der Hochschule, unseres geliebten Landesfürsten, zu Grunde zu legen. Die Hauptgedanken waren bald geordnet und der Rahmen gezogen; die dem Text eingefügten erläuternden Beispiele sollten im Laufe des Drucks der Abhandlung ausgeführt, die Lebensgeschichte einiger in Beziehung auf den behandelten Gegenstand besonders merkwürdiger Algengattungen (Pediastrum, Characium, Hydrodictyon, Ascidium, Sciadium, Palmogloea) als Anhang beigegeben werden. Allein die Stürme der Revolution, welche in den Maitagen hereinbrachen und unser gesegnetes Vaterland bis auf die Grundfesten seines Bestehens erschütterten, unterbrachen bald die begonnene Arbeit; denn auch unsere Hochschule war von den sturmerregten Wogen bedroht, und nur mit Mühe und unter schweren Anfechtungen gelang es, den Faden der wissenschaftlichen Thätigkeit vor gänzlicher Zerreissung inmitte des Studienjahres zu bewahren. Als aber in den unvergesslichen Julitagen vor der hülfreichen, durch den Geist der Ordnung starken Bruderhand die gährenden Elemente socialer Auflösung, die wir noch zuletzt in unseren Mauern vereint sahen, gleich nächtlichen Schatten vor dem Licht der Sonne, gewichen waren, als im darauffolgenden Monate unser geliebter Landesvater zu seinem verblendeten Volke, das sich in undankbarer Erwiederung seiner Wohlthaten gegen ihn gewendet hatte, zurückkehren konnte, da war die Zeit zu weit

Digitized by Google

vorgerückt, um das entworfene Programm nach der früher gelegten Grundlage in gehöriger Ausführung rechtzeitig zu vollenden. So blieb denn, um nicht Uebereiltes und der Hochschule Unwürdiges zu bieten, und doch auch dieses Schriftchen seiner Bestimmung, der es mit Liebe gewidmet wurde, nicht zu entziehen, nichts Anderes übrig, als dasselbe der Einladung zur Feier des hohen Geburtsfestes, als spätere Beigabe, nachfolgen zu lassen. Dass diess erst jetzt geschehen kann, hat seinen Grund theils in vielfältigen Abhaltungen durch die laufenden Berufsgeschäfte, theils in der Beschaffenheit des Gegenstandes selbst, welcher in der Ausführung der Einzelnheiten mehr Zeit und Raum in Anspruch nahm, als der erste Entwurf vermuthen liess. Denn wo es sich um Mittheilung noch wenig bekannter Erscheinungen handelte, konnten die betreffenden Beispiele nicht wohl ohne genauere Angabe der eigenen Beobachtungen aufgeführt werden, was wiederholte weitläufige Episoden nothwendig machte, in welchen sowohl die Freunde der Morphologie und Anatomie der Gewächse, als insbesondere auch die Phycologen, manches Neue niedergelegt finden werden. Wo ich mich auf fremde Beobachtungen stützte, wurden die Quellen gewissenhaft angeführt; ich verband damit zugleich die Absicht, die erst in das Reich der Wissenschaft eintretende Jugend, welche überhaupt bei der ganzen Behandlung des gewählten Gegenstandes vorzugsweise ins Auge gefasst wurde, auf solche Autoren hinzuweisen, welche Vertrauen verdienen, und aus deren Schriften nicht nur die gegenwärtigen Standpunkte der wissenschaftlichen Pflanzenkunde, sondern auch die aus denselben für die nächste Zukunft erwachsenden Aufgaben ersehen werden können. Sehr hätte ich gewünscht, der nachfolgenden Abhandlung zahlreichere Tafeln mit Abbildungen

Digitized by Google

beigeben zu können; ich habe es hauptsächlich unterlassen, um das Erscheinen derselben nicht noch mehr zu verzögern. Aus demselben Grunde muss ich die Beifügung des im ursprünglichen Plane liegenden Anhangs, auf welchen auch im Text einigemal verwiesen wurde, für jetzt aufgeben; eine abgesonderte Behandlung desselben wird es um so eher möglich machen, meine Beobachtungen über die Lebensgeschichte verschiedener Süsswasseralgen, namentlich mancher Gattungen aus dem streitigen Gebiete zwischen Pflanzen- und Thierreich, so wie solcher, welche bewegliche Keimzellen hervorbringen, mit einiger Vollständigkeit mitzutheilen.

Nach diesen Erörterungen, welche die verspätete Erscheinung dieser Blätter erklären mögen, fühle ich mich gedrungen, noch ein Wort der Rechtfertigung über die Richtung der Forschung, welche den nachfolgenden Betrachtungen zu Grunde liegt, und welche ohne Zweifel von vielen Seiten für eine veraltete und von der streng wissenschaftlichen Bahn abführende gehalten werden wird, beizufügen. Eine lebendigere Naturbetrachtung, wie sie hier versucht wurde, welche in den Naturkörpern nicht bloss die Wirkung todter Kräfte, sondern den Ausdruck lebendiger That zu finden sucht, führt nicht, wie man wohl glaubt, zu bodenlosen Phantasiegebäuden, denn sie maasst sich nicht an, das Leben der Natur auf anderem Wege, als eben in seiner Offenbarung durch die Erscheinung kennen zu lernen; ebensowenig schliesst sie die strenge Erforschung der Gesetze, durch welche alle Naturerscheinungen bedingt sind, aus, denn eben erst in der Erforschung der Gesetze, innerhalb welcher, und der Kräfte, durch welche das Leben wirkt, glaubt sie zur Erkenntniss dessen, was dem Leben nach der Verschiedenheit seiner Stufen gegeben ist,

Digitized by Google

zu gelangen. Die Berechtigung aber des Strebens, alle Erscheinungen der Natur nicht nur in ihrer äusseren Wechselwirkung, sondern auch in ihrem inneren Zusammenhang, als Momente einer allgemeinen Geschichte des Naturlebens, zu erfassen, liegt in der Natur des menschlichen Geistes selbst, in seinem nicht bloss äusseren, sondern inneren und wesentlichen Zusammenhang mit dem Naturleben. Wie die Naturforschung ursprünglich aus dem Gefühle der inneren Verwandtschaft der Natur mit dem Wesen des Menschen hervorwuchs, so ist es auch ihr Ziel, diesen Zusammenhang in seiner ganzen Tiefe zu erfassen und zur Erkenntniss zu bringen.

Theils während des Drucks dieser Blätter, theils nach Beendigung desselben, kamen mir verschiedene literarische Neuigkeiten zu, welche ich gehörigen Ortes noch benutzen zu können gewünscht hätte, so namentlich die Beiträge zur Botanik von Mettenius (Heidelberg 1850), in welchen sich die nähere Beschreibung der p. 154, nach brieflicher Mittheilung des Autors, vorläufig erwähnten Entdeckung der Spermatozoidien von Isoëtes findet. Gärtner's wichtiges Werk über die Bastarderzeugung im Pflanzenreich (Stuttgart 1849) kam mir erst zu, als meine Bemerkungen über Cytisus Adami (p. 337) bereits gedruckt waren. Eine bestimmte Entscheidung, ob diese merkwürdige Mittelart von Cyt. Laburnum und C. purpureus ein durch Befruchtung erzeugter Bastard ist, oder nicht, findet sich auch hier nicht; dagegen werden verschiedene Berichte über dieselbe mitgetheilt, welche mir entgangen waren, so namentlich eine aus dem dritten Jahrgang der Mittheilungen des Gartenvereins im Grossherzogthum Hessen (Darmstadt 1842 p. 38) entnommene Nachricht von Schnittspahn, nach welcher Adam seine Pflanze durch Oculiren

Digitized by Google

des C. purpureus auf C. alpinus *) erhalten haben soll. Während des ersten Jahres sei das aufgesetzte Auge unentwickelt geblieben; aber um dasselbe hätten sich viele Unebenheiten gezeigt, die sich allmählig zu Augen ausbildeten, welche sich im zweiten Jahr zu Zweigen entwickelten, die bis auf einen einzigen C. purpureus waren. Dieser eine Zweig sei viel stärker geworden und habe eine Mittelform von C. alpinus und purpureus dargestellt; von diesem Zweige stamme der C. Adami der Gärten. Leider vermisst man bei diesem Berichte die Angabe, aus welcher Quelle H. Schnittspahn selbst seine Kenntniss dieser die Entstehung des C. Adami begleitenden Umstände geschöpft hat. Da nun C. Adami unzweifelhaft die Natur eines Bastardes besitzt, so würde derselbe, wenn die von Schnittspahn gegebenen Nachrichten richtig sind, den ausserordentlichen Fall einer Bastardbildung auf vegetativem Wege (denkbarer Weise durch befruchtende Einwirkung der Zellen des Impfstocks auf die Urzelle einer Adventivknospe) bieten, und der vegetativen Entstehung würde dann auch das Zurückschlagen desselben in die beiden Stammarten innerhalb des vegetativen Gebietes entsprechen. Dass übrigens der Gattung Cytisus die Bastardbildung nicht fremd ist, beweiset ein prachtvoller Bastard von C. purpureus und C. elongatus, welcher, während ich diese Zeilen schreibe, im botanischen Garten unserer Hochschule in schönster Blüthe steht. Er wurde von den Gebrüdern Baumann zu Bollwiller bezogen, in deren Catalog von 1847 er als „C. purpureo-elongtus (Nobis), une nouvelle hybride superbe“ vorkommt. In

*) Hierunter ist wahrscheinlich nicht C. alpinus Mill., sondern C. alpinus Lamk., welcher C. Laburnum L. ist, zu verstehen, denn C. Adami der Gärten schlägt allenthalben in C. Laburnum L., nicht in C. alpinus Mill., zurück.

Digitized by Google

Gestalt und Behaarung der Blätter gleicht er dem C. elongatus; in der Form des Kelches mehr dem C. purpureus. Die Farbe der Blume ist ein Gemisch von Weissgelb und Lichtrosenroth, indem die Fahne die letztere Farbe besitzt, Flügel und Kiel die erstere; beim Welken oder Trocknen tritt die rothe Farbe stärker hervor und wird der des Cytisus Adami fast gleich. Die Blüthen erhalten sich sehr lange frisch, setzen aber keine Früchte an. Ueber die Entstehung dieses schönen Bastards hatten die Gebrüder Baumann die Gefälligkeit mir nachfolgende briefliche Mittheilung zu machen: „Unser C. purpureo-elongatus ist von unseren eigenen Aussaaten entstanden, allein nicht durch künstliche Befruchtung. Die Mutter dieser Pflanze ist C. elongatus, von welchem wir den Samen sammelten; neben diesem stand aber ein C. purpureus, und wahrscheinlich ist der Pollen durch Insekten von der letzteren Pflanze auf die erstere übergetragen und so dieser Bastard erzeugt worden. Eine Umänderung der Form, wie sie bei C. Adami vorkommt, haben wir bei dieser Pflanze noch niemals bemerkt". Nach diesem Allem sehen wir mit um so grösserer Ungeduld der sicheren und durch das wiederholte Experiment bestätigten Ausmittelung der Entstehungsweise des C. Adami, und damit zugleich der Feststellung mehrerer der wichtigsten physiologischen Thatsachen, entgegen. In Beziehung auf das p. 335 erwähnte Zurückschlagen des Cytisus Laburnum quercifolius in den gewöhnlichen Goldregen mit ganzrandigen Blättchen will ich hier noch nachträglich erwähnen, dass ich die gleiche Erscheinung in diesen Tagen auch im hiesigen botanischen Garten beobachtet habe, und zwar zeigte sich auch hier der Uebergang zur Stammart in scharfer Absonderung von der Varietät, nicht durch allmählige Zwischenstufen vermittelt.

Digitized by Google

Da dieses Vorwort zugleich eine Nachschrift ist, und zwar in Beziehung auf die ersten Theile der Abhandlung eine ziemlich späte, so bietet es Gelegenheit, noch einige weitere ergänzende Bemerkungen über einzelne im Text berührte Gegenstände anzuknüpfen. Was zunächst die p. 49 geschilderten Wachsthumsverhältnisse der Weinrebe betrifft, so muss ich berichten, dass die Untersuchung einiger im vorigen Herbste erst nach dem Drucke der betreffenden Stelle erhaltener frischer Sämlinge die in der Note ausgesprochene Vermuthung, dass die Sämlinge sich den Wurzelsprossen gleich verhalten, nicht bestätigt hat. Dieselben waren nämlich durchaus ohne Rankenbildung an der Spitze und zeigten in den Achseln der Laubblätter ruhende Knospen, welche zwei Knospenschuppen hatten, sich also in dieser Beziehung nicht wie Geitzen, sondern wie Lotten verhielten. Das beschriebene Abstammungsverhältniss der Lotten von den Geitzen tritt somit erst in den späteren Graden der Verzweigung ein.

Zu den p. 123 in der Note angeführten Beispielen von Farnkrautblättern, deren Blattspitze stets unentwickelt bleibt, oder erst nach längeren Zwischenräumen sich absatzweise aufrollt, gehört auch noch die Gattung Neurolepis, deren grössere, mit N. exaltata verwandte Arten ihre schlanken gefiederten Blätter, die manchmal eine Länge von 4—5′ erreichen, in mehreren Jahresabsätzen, die an dem entwickelten Blatt als eingezogene, mit kürzern Fiederblättchen versehene Stellen bezeichnet sind, entwickeln. Bei N. neglecta Kunze, der gewöhnlichsten Art unserer Gärten, fand ich bis 4 solcher Absätze, deren sich aber manchmal 2 in einem Jahre zu entwickeln schienen. Mit dieser Entwicklungsweise hängt es zusammen, dass die Blätter der Neurolepis-Arten gewöhnlich am Ende ein kleines aufgerolltes

Digitized by Google

Knöpfchen, aber nur selten ihre eigentliche, in eine Gipfelfieder auslaufende Blattspitze zeigen.

Zur Naturgeschichte der Chlamidomonaden gebe ich hier noch einen kleinen Nachtrag, den Ruhezustand von Chlamidomonas tingens (p. 230) betreffend. Die genannte Art erschien in diesem Frühling in grosser Menge in kleinen Regenpfützen dicht bei der Stadt, das Wasser schön grün färbend. Bei eintretender Ruhe sammelten sich die Zellen in bröckelige, zum Theil schwimmende Massen, zeigten kugelige Gestalt, einen Durchmesser von $^1/_{150}$ bis $^1/_{75}$ M., einen körnigpunktirten grünen Inhalt mit einem grösseren Bläschen. Als die Pfützen im Monat Mai austrockneten, bildeten sich krustenartige, schwach ziegelrothe Ueberzüge auf der Erde, indem die früher grünen Zellen eine lichtröthliche Farbe annahmen, wobei das Bläschen undeutlich, der übrige Inhalt aber (durch Oelbildung?) grobkörnig wurde. In diesem Zustand verharrte die Pflanze seither, auch bei der Wiedererfüllung der Pfützen durch Regen sich gleichbleibend. Dem ruhenden, aber noch grünen Zustand scheint mir Protococcus Felisii Kütz. zu entsprechen, dem durch Austrocknung gerötheten dagegen Pr. Orsinii Kütz., wenigstens nach den mir von De Brebisson als kleinere Varietät desselben mitgetheilten Exemplaren.

Hiemit übergebe ich diese Blätter den Vätern unserer Hochschule, meinen verehrten Collegen, mit der Bitte um freundliche Aufnahme, als ein Andenken an das, was wir in einem verhängnissvollen Jahre in Wissenschaft und Leben zusammen erstrebt und erfahren haben; ich übergebe sie der akademischen Jugend in der Hoffnung, dass sie darin die Fäden finden möge, welche das Einzelne des Wissens zum Ganzen verbinden, und dass das Ergreifen dieses Zusammenhangs sie

Digitized by Google

ermuthigen möge, mit doppeltem Eifer, unbeirrt durch gute und schlimme Zeiten, dem Studium des in allen Zweigen des Wissens so reichen Materials obzuliegen, und dadurch mehr und mehr einzutreten in die heilige Werkstätte, in welcher die Steine zum Bau des grossen Domes der menschlichen Erkenntniss zugehauen werden. Dem grösseren wissenschaftlichen Publikum endlich übergebe ich diese Blätter mit dem Bewusstsein, manche Resultate gewissenhafter Forschung darin mitgetheilt zu haben, welche im Fortbau der Wissenschaft ihre Stelle finden werden, wenn auch der Zusammenhang, in welchen ich sie hier zu setzen gesucht habe, in einer künftigen höheren Gestaltung der Naturgeschichte sich vielfach anders herausstellen mag.

Freiburg im Breisgau im Mai 1850.

Dr. A. Braun.

Digitized by Google

Betrachtungen
über die Erscheinung
der
VERJÜNGUNG
in der Natur,

insbesondere in der Lebens- und Bildungsgeschichte der Pflanze.

Digitized by Google

Digitized by Google

Betrachtungen
über die Erscheinung
der
VERJÜNGUNG
in der Natur,
insbesondere in der Lebens- und Bildungsgeschichte der Pflanze.

Die wissenschaftliche Erforschung der Gesetze der organischen Natur bewegt sich in unserer Zeit in zwei verschiedenen Richtungen, von denen die eine als die physiologische, die andere als die morphologische bezeichnet werden kann. Beide haben, einseitig verfolgt, zu vielfachen Widersprüchen der Lehre geführt, welche eine tiefere biologische Betrachtungsweise einst lösen wird. Zu einer solchen tieferen Erfassung drängen beide Richtungen, die erstere auf negative Weise, indem sie, die Lebenserscheinungen in ihren äusseren physikalischen Bedingungen betrachtend, am Schlusse jeder Untersuchung auf einen von dieser Seite unerklärlichen Grund der Erscheinung geführt wird; die letztere auf positive Weise, indem sie, die Formen im Zusammenhang mit der Entwicklungsgeschichte, als werdende, sich umgestaltende und vergehende, betrachtend, eine durch allen Wechsel der Form sich hindurchziehende specifische und individuelle Lebenseinheit anerkennen muss, wenn ihr die zeitlichen Produkte der Entwicklung nicht in wesenlosen Schein zerfliessen und allen inneren Zusammenhang verlieren

Digitized by Google

sollen. Die Erforschung der Entwicklungsgeschichte, im kleinsten, wie im grössten Kreise, ist daher das lohnendste und verheissungsreichste Beginnen auf dem Felde der Naturgeschichte, und auch die dem heutigen Tage gewidmete Betrachtung schliesst sich diesem Beginnen an, indem sie eine allgemeine, keiner einzelnen Entwicklungsgeschichte fremde Frage erörtert.

Zu den wesentlichen und allgemeinen Eigenschaften jeder natürlichen Entwicklungsgeschichte gehört Anfang und Ziel, und, was damit in Verbindung steht, Jugend und Alter. Jugend und Alter, obgleich in den Kreis der unmittelbaren Lebenserfahrung des Menschen gehörig, scheinen mir in ihrer wahren Bedeutung und in ihrem gegenseitigen Verhältniss in Wirklichkeit nicht so leicht, nicht so einfach zu erfassen, wie es bei einer bloss abstrakten Betrachtung scheinen möchte. Die nahe liegenden Fragen: wie unterscheiden sich Jugend und Alter? wo hört die Jugend auf und wo beginnt das Alter? wie gehen sie in einander über? welches ist der vollkommnere Lebenszustand? greifen, wenn sie beantwortet werden sollen, tief in den Zusammenhang der ganzen Weltbetrachtung ein. Der Zweck der heutigen Darstellung erstreckt sich nur auf einige von der Erfahrung ausgehende Betrachtungen über das Wechselverhältniss von Jugend und Alter im Verlaufe der Lebensgeschichte.

Jugend und Alter sind nicht bloss Zeitabschnitte, in welche das Leben sich theilen liesse, so dass man sagen könnte, hier hört die Jugend auf und hier fängt das Alter an; auch gehen sie nicht allmählig und stetig ineinander über, so dass die Jugend in gleichem Verhältniss ab-, wie das Alter zunähme; ein Blick ins Leben zeigt uns vielmehr, dass die Erscheinungen der Jugend in den mannigfachsten Wechselverhältnissen neben denen des Alters durchs Leben gehen, nicht nur in verschiedenen Gebieten des Lebens gleichzeitig nebeneinander auftretend, sondern auch in demselben Gebiete sich drängend und bekämpfend. Schon das Kind hat alte Zähne, zu frühem Untergang bestimmt (die Milchzähne), und noch im späteren Alter erscheinen junge Zähne (die Weisheitszähne). Manche Organe sind

Digitized by Google

schon vor der Geburt alt und abgelebt, wie die Kiemen der Säugethiere, die Zähne des Walfisches *). Eidechsen und Schlangen bilden jährlich eine junge Haut, die alte abwerfend; der Krebs vertauscht sogar den alten Magen jährlich mit einem jungen. Die Keimblätter, auch wohl die sogenannten Wurzelblätter, sind bei der Nachtkerze, der Rübe und vielen andern Pflanzen dem Alter bereits unterlegen, während die Blüthe noch im jugendlichen Knospenzustand verharrt, und hinwiederum sind die Blüthentheile untergegangen, wenn die Frucht noch in den Anfängen des Reifungsprozesses sich befindet. Bei der Chrysalide der Heuschrecke haben alle äusseren Organe ihre volle Ausbildung, während die Flügel noch in den ersten Anfängen der Bildung begriffen sind. So kann der Mensch, in leiblicher Beziehung schon alt, in geistiger Entwicklung ein Kind sein. Wir sehen also Jugend und Alter in einer und derselben Entwicklungsgeschichte im Wechsel miteinander auftreten, wir sehen die Jugend das Alter durchbrechen und, fortbildend oder umgestaltend, mitten in die Entwicklungsgeschichte eintreten. Es ist diess die Erscheinung der Verjüngung, welche in allen Lebensgebieten in unendlich mannigfaltiger Weise sich wiederholt, aber wohl nirgends deutlicher ausgesprochen und der Forschung zugänglicher auftritt als im Pflanzenreich. Ohne Verjüngung giebt es keine Entwicklungsgeschichte; nur dem leblosen Wesen oder vielmehr dem im Bildungsmomente selbst ersterbenden, dem Mineral, fehlt die Kraft der Verjüngung, wesshalb es auch ohne Entwicklung und ohne Fortpflanzung ist.

Die Verjüngung erscheint uns zunächst als ein Zurückgehen auf einen früheren Lebenszustand, wodurch ein Ausgangspunkt erneuerten Fortschrittes gewonnen wird, oder, im äussersten Falle, selbst als ein Zurückgehen auf den Anfang der ganzen Entwicklungsgeschichte, um das Ziel in wieder-

*) Ueber die Zähne beim Fötus der Wale vergl. Stannius Lehrbuch der vergleich. Anatomie p. 411. Nach den Untersuchungen von Eschericht hat der Fötus von Balaenoptera longimana im Oberkiefer 102, im Unterkiefer 84 Zähne.

Digitized by Google

holter Entwicklung zu erreichen. Das Erstere sehen wir bei den Verjüngungen des Individuums innerhalb seiner individuellen Entwicklungsgeschichte, das Letztere in der Verjüngung der Species durch die Succession der Individuen. Der eben erwähnte Rückschritt, mit welchem die Verjüngung eingeleitet wird, ist entweder ein morphologischer, indem die Bildung von höherer Stufe wirklich zu einer niederen Formation zurückkehrt, wie wir z. B. bei der jährlichen Verjüngung vieler Stauden (plantae redivivae), so wie der meisten Holzgewächse, an den Knospen sehen, die mit Blättern der untersten Bildungsstufe, den der Niederblattformation angehörigen Knospenschuppen, den verjüngten Lebenslauf beginnen; oder jener Rückschritt ist ein bloss physiologischer, eine chemische Rückbildung und Wiederauflösung in dem schon vorhandenen Gebilde, wodurch dasselbe einer mit mehr oder minder entschiedener Umwandlung verbundenen Verjüngung seiner Gestalt fähig wird. So beim Stoffwechsel der Thiere, mit welchem die allmähligeren und unscheinbaren, wie die plötzlicheren und überraschenden Verwandlungen der Thiere zusammenhängen. Dass Aehnliches auch der Pflanze nicht fehlt, wird die nachfolgende Betrachtung der Verjüngungserscheinungen im Zellenleben derselben nachweisen.

Somit haben wir eine absteigende und eine aufsteigende Richtung in der Verjüngung zu unterscheiden, eine zurückweichende und eine mit neuem Anlauf vorschreitende, eine das Altgewordene rückbildende und eine von neuem gestaltende. Beide Richtungen gehören nothwendig zu der Erneuerung der Lebensbewegung, die wir mit dem Ausdruck „Verjüngung" bezeichnet haben, ihre Wechselfolge ist es, welche das Leben in Schwingung erhält und vor unzeitigem Stillstand bewahrt. Je kleiner die Schwingungen sind, mit welchen sie auftritt, um so mehr wird der Bildungsprozess den Anschein eines stetigen erhalten, wie z. B. der Ausbildungsprozess der nicht weiter sich theilenden Zelle; aber selbst hier verräth uns die schichtweise Ablagerung der Zellhaut die inneren Schwingungen der Bildungsthätigkeit. Umgekehrt werden die Erscheinungen der Verjüngung um so auffallender und

Digitized by Google

überraschender auftreten, je tiefer die Senkung des Lebens ist, welche der neuen Hebung vorausgeht, je entschiedener demgemäss der neue Lebensaufschwung vom alten sich sondert, je vollständiger das neue Gebilde das alte verzehrt und durchbricht. Die schönsten Beispiele liefert die Metamorphose der Insekten.

Fragen wir nach den Ursachen der Verjüngungserscheinungen, so werden wir zwar anerkennen, dass die äussere Natur, in welche das besondere Leben in seiner Darstellung eintritt, rufend und weckend wirkt durch die Einflüsse, welche die Jahreszeiten, ja selbst die Tageszeiten bringen, aber die eigentliche innere Ursache wird doch nur gefunden werden können in dem Triebe nach Vollendung, der jedem Wesen in seiner Art zukommt, und es treibt die ihm fremde Aussenwelt immer vollkommener sich unterzuordnen, sich in ihr so selbstständig, als die specifische Natur es mit sich bringt, zu gestalten. Damit ist aber auch der Aufgabe ein Ziel gesetzt, über welches die Verjüngungserscheinungen nicht hinausgehen. Wie es im geistigen Leben eine Reife giebt, wo Jugend und Alter sich gleichsam durchdringen, wo der unstete Kampf des Ergreifens und Zerstörens aufhört, wo Bewegung sich paart mit Ruhe, so giebt es auch im Natürlichen und Leiblichen einen analogen Zustand der Reife und relativen Ruhe, wo der Wechsel des Zerstörens und Neubildens nur noch in den kleinen Schwingungen des die Lebensbewegung erhaltenden und vor Erstarrung bewahrenden Stoffwechsels fortdauert. Beim Thier sehen wir diesen Zustand eintreten, wenn der Organismus seine Ausbildung erreicht hat, „ausgewachsen“ ist, wie man sagt, wo nichts Neues mehr gebildet wird, das Gebildete aber in seine vorbestimmte Funktion, in seinen Dienst für die höhere Seite des thierischen Lebens, das Seelenleben, eintritt. Im Pflanzenleben sehen wir die entsprechende Erscheinung in der Frucht, welche schon Aristoteles als das Ziel der Bildungsthätigkeit der Pflanze betrachtet hat. Mit ihr schliesst die Reihe der Gebilde, in deren schrittweiser Hervorbringung die Pflanze ihre Metamorphose durchläuft; das Pflanzenleben kommt in ihr zum ruhigen Abschluss, jedoch ohne dass

Digitized by Google

mit der Einstellung des äusseren Fortbauens die inwendigere Lebensbewegung sogleich aufhörte, die vielmehr in keinem anderen Theile der Pflanze so selbstständig und andauernd ist, als eben in der reifenden Frucht. Auf dieser Stufe der Entwickelung tritt also im Vergleich zu dem vorausgehenden Prozess Ruhe am Ziel, aber zugleich auch, je nach der Beziehung zu einer höheren Lebenssphäre, die in der Bestimmung der Zielgestalt liegende Thätigkeit ein.

Vergleichen wir mit dem Verhalten der Schlussgestalten des Lebens das der Gebilde der früheren Lebensstufen, so sehen wir, es giebt auch hier ein Stehenbleiben, ein Streben nach Abschliessung, das aber wieder aufgehoben werden muss, wenn die Entwicklung zum Ziel fortschreiten soll. Gegen solche Befestigung auf untergeordneter Stufe, die zur Hemmung der Entwicklung wird, tritt nun eben die Thätigkeit der Verjüngung auf, den Faden der Entwicklung mit neuem Ansatz fortspinnend. So in jedem einzelnen Geschöpfe, das überhaupt eine Entwicklung hat, d. h. in jedem lebendigen. Aber wir können dieser Betrachtung auch noch eine weitere Ausdehnung geben.

Das erreichte Ziel des Einzelnen ist für den grösseren Zusammenhang des Ganzen nicht das letzte Ziel der Entwicklung, ja das Einzelne deutet selbst durch seine Abhängigkeit auf dieses Ganze hin. Die Einzelwesen der Natur sind Glieder in der Entwicklung der Naturreiche, denen sie angehören, und in der weitesten Fassung Glieder in der Entwicklung des ganzen Naturlebens. Darum tritt die Erscheinung der Verjüngung auch nicht bloss für das Einzelwesen auf, sondern knüpft sich allenthalben selbst wieder an das Ziel der Einzelwesen an, über diese hinausgehend, die lebendige Natur in ihrer individuellen Gliederung stets erneuernd und so ihrer endlichen Aufgabe erhaltend und entgegenführend. An die Frucht knüpft sich der Same, als Anfang eines neuen individuellen Entwicklungsganges, wie auch an die Reife des thierischen Organismus die Erzeugung der künftigen Generation sich anschliesst.

Digitized by Google

Gegen diese allgemeine Beziehung der Verjüngungserscheinungen zur fortschreitenden Entwicklungsgeschichte könnte jedoch die Einwendung gemacht werden, dass die zuletzt angeführten Verjüngungsvorgänge, auf welchen die Fortpflanzung in der Natur beruht, sich faktisch in dieser Beziehung ganz anders verhalten, als die zuerst berührten, innerhalb des individuellen Entwicklungscyclus stattfindenden; in dem einen Falle habe die Verjüngung wirklich einen Entwicklungsfortschritt zum Zweck, in dem andern dagegen bloss die Wiederholung des Gleichen, wie diess die Unveränderlichkeit der Arten im Thier- und Pflanzenreich deutlich zeige. Dieser Unterschied verschwindet jedoch, wenn wir von beiden Seiten die Abstufung der Fälle genauer prüfen, wenn wir uns insbesondere bei Betrachtung der Fortpflanzung über den engen Gesichtskreis der Gegenwart erheben. Der Schein, als ob immer nur das Gleiche in der Natur sich wiederhole, hebt sich bei einem Rückblick aus unserer stationären Zeit in die Reihenfolge vorweltlicher Epochen. Hier finden wir in Wirklichkeit die ersten Anfänge der Arten, der Gattungen, ja selbst der Ordnungen und Klassen des Pflanzen- und Thierreichs; wir sehen zugleich, wie mit dem Erscheinen der höheren Stufen der organischen Reiche mehr oder weniger durchgreifende Umgestaltungen verbunden sind, so dass hinwiederum Gattungen und Arten der alten Welt verschwinden, während neue an ihre Stelle treten. In allem diesem Wechsel aber spricht sich nicht der blosse Zufall einerseits zerstörender, anderseits neuen Boden für das Gedeihen der organischen Natur gründender Erderschütterungen aus, sondern vielmehr bestimmte, bis in das Einzelne durchgreifende Gesetze der Entwicklung des organischen Lebens. So erscheinen z. B. aus der Reihe der Wirbelthiere zuerst die Fische, dann die Amphibien und erst nach beiden die Vögel und Säugethiere. Die Fische der ersten Zeiten, als Fische betrachtet die niedersten der Klasse*), haben in vieler Beziehung Aehnlichkeit mit den Amphibien, und zwar grössere als die Fische der später erscheinenden,

*) Agassiz, recherches sur les poissons fossiles, introduction p. XXX et s.

Digitized by Google

höheren Ordnungen, eben weil die Typen der einzelnen Klassen in den ersten Darstellungen noch weniger geschieden sind, der besondere Klassencharakter, wie er in der nachfolgenden Reihe der Fische immer schärfer sich ausprägt, noch nicht völlig entwickelt ist. Eben so merkwürdig ist das Verhältniss der ersten Säugethiere der Erde, der berühmten Beutelthiere von Stonesfield*), zur Klasse der Säugethiere überhaupt. Die Beutelthiere (mit Einschluss der Monotremen) stehen bekanntlich unter allen Säugethieren den eierlegenden Thieren der vorausgehenden Klassen, den Vögeln und Amphibien, am nächsten, und zwar nicht bloss in dem Bau der Generationsorgane, sondern auch in dem des Gehirns, während sie doch anderseits in ihrer äusseren Gestalt, in Bildung der Extremitäten und des Gebisses, den höheren Ordnungen theils aus der Reihe der Pflanzenfresser, theils aus der Reihe der Fleischfresser, den Nagethieren und Raubthieren, sich anschliessen. Wir sehen somit auch hier wieder den Klassencharakter im Anfang unvollkommen dargestellt und die später sich sondernden Reihen der Klasse selbst noch in Unentschiedenheit vereinigt. Auch in dem geologischen Auftreten der einzelnen Abtheilungen der wirbellosen Thiere finden wir den entwicklungsmässigen Zusammenhang vielfach in der Art bestätigt, dass ein bestimmter Grundtypus zuerst in wenigen einfacheren Formen auftritt, dann in der Reihe der Epochen an Zahl und Mannigfaltigkeit der Darstellungen mehr und mehr zunimmt, und endlich, wenn die Formenreihe bis zum Aeussersten entwickelt ist, oft plötzlich wieder aus der Natur verschwindet oder nur wenige Repräsentanten zurücklässt. Eines der merkwürdigsten Beispiele dieser Art bietet die Familie der Ammonshörner**). Auch das Pflanzenreich der

*) Phascolotherium Bucklandii und Thylacotherium Prevostii Owen. Siehe Buckland, Geology and Mineralogy, Vol. I. p. 72.

**) Die Uebergangszeit besitzt aus der Familie der Ammoneen die einzige Gattung Goniatites, die Triasperiode die Gattung Ceratites, die Jurassische Zeit 11 Abtheilungen der Gattung Ammonites, die Zeit der Kreidebildung 14 Abtheilungen derselben Gattung, von denen 10 ihr eigenthümlich sind, und

Digitized by Google

Vorwelt zeigt uns einen seinem jetzt noch bestehenden Stufenbau entsprechenden zeitlichen Fortschritt, indem die ältesten Zeiten fast bloss blüthenlose Pflanzen (Cryptogamen) aufzuweisen haben, denen sich bald die Nacktsamigen (Cycadeen und Nadelhölzer) und zum Theil noch zweifelhafte Monocotyledoneen anreihen, während die dicotyledonischen Gewächse (Laubhölzer etc.) entschieden zuletzt erscheinen. Dass dieser ganze Fortschritt der organischen Natur vom ersten Anfang bis auf unsere Zeit ein wesentlich zusammenhängender, und, wenn auch durch die Katastrophen, welche über unsere Erde hingegangen sind, vielfach erschütterter, doch nie ganz abgebrochener war, mit einem Worte, dass sich in ihm eine einzige Entwicklungsgeschichte darstellt und nicht eine Reihe getrennter und unabhängiger Schöpfungen, diess scheint auch durch die Resultate der geognostischen Forschung mehr und mehr bestätigt zu werden.

Die vorweltlichen Veränderungen im lebendigen Gewande der Erde erscheinen somit als Verjüngungen der organischen Natur im Grossen, und die einzelnen Gattungen und Arten der organischen Reiche als untergeordnete Glieder ihres grossen Entwicklungsganges. Dass in den ruhigeren Zwischenzeiten die Natur auf bestimmtem Standpunkte sich erhält und innerhalb der Epoche, im Wesentlichen wenigstens, nur das Gleiche hervorbringt, hebt die Beziehung zum Ganzen der Entwicklung nicht auf. Es ist diess im Grossen dieselbe Erscheinung, wie wenn wir bei der Pflanze auf den einzelnen Stufen ihres Wachsthums die gleiche Gestalt oft hundertfältig sich wiederholen sehen, ehe die Metamorphose zu einer neuen Stufe fortschreitet, wie

---

dazu noch die Gattungen Crioceras, Ancyloceras, Scaphites, Hamites, Ptychoceras, Baculites, Turrilites und Helicoceras, welche alle der Kreideformation ausschliesslich zukommen, mit Ausnahme von Ancyloceras, aus welcher Gattung schon die Juraformation Arten besitzt. Hierauf verschwindet die Familie der Ammoneen gänzlich. Vergleiche Leop. von Buch über Ammoniten und D'Orbigny, Paléontologie française Vol. I. p. 433.

Digitized by Google

z. B. oft Hunderte, ja Tausende von Laubblättern (Erica, Calluna, Tamarix, Albies), Hochblättern (Dipsacus, Cnicus, Celosia), Blumenblättern (Nymphaea, Mesembrianthemum, Illicium), Staubblättern (Papaver, Dillenia, Helleborus) oder von Fruchtblättern (Myosurus, Anemone, Anona) in ununterbrochener Succession an einer und derselben Achse gebildet werden. Aber selbst in diesen Zeiten des Anhaltens wird keineswegs das völlig Gleiche gebildet. Kein Blatt, wenn auch der gleichen Formation angehörig, gleicht völlig dem andern, und mit jedem folgenden, wenn anders die Entwicklung bis zur Gipfelblüthe fortschreitet, hat die Pflanze um einen Schritt weiter der Blüthenbildung sich angenähert. So sind auch die Individuen der gleichen Species einander nicht völlig gleich, und in der Fähigkeit gewisse Reihen von Varietäten zu entwickeln spricht sich auch innerhalb des Festhaltens am specifischen Typus die Entwicklungsfähigkeit der Species noch aus.

Wir dürfen somit eine gewisse Beziehung zur Entwicklung des grössern Ganzen auch bei denjenigen Verjüngungserscheinungen, welche die Reihe der Individuen in scheinbar blosser Wiederholung des Gleichen fortführen, nicht verkennen. Am bedeutungsvollsten spricht sich diese Beziehung in der höchsten Region der ganzen Stufenleiter der Natur, wo die Entwicklung aus dem Natürlichen in das Geistige übergeführt wird, aus. Wer wollte wohl die Beziehung der Erzeugung neuer Generationen zur fortschreitenden Entwicklung da, wo sie uns am nächsten liegt, nämlich beim Menschengeschlecht, läugnen? Das Verhalten des Menschen in dieser Beziehung gehört aber mit in den Kreis unserer Betrachtung, denn das Ziel, das in unendlichen Verjüngungen durch die ganze Natur hindurch erstrebt wird, durch dessen Erreichung sich unsere Schöpfungszeit von allen vorweltlichen Epochen unterscheidet, ist ja eben das Dasein des Menschen, auf den die Natur durch ihren ganzen Stufenbau, von Stufe zu Stufe immer deutlicher, hinweiset; und der Mensch hinwiederum kann nicht betrachtet werden ohne das, was ihn eben zum Menschen macht, die Entwicklung des Geistes.

Digitized by Google

Die Entwicklung des Geistes kann von ihrem Boden, der Natur, nicht getrennt werden, wie denn der Geist selbst zwar über alle Hemmungen des Naturlebens sich siegreich zu erheben, aber auch rückwärts alle Stufen desselben zu durchdringen und geistig zu verklären bestimmt ist. Nur von diesem, das Ziel der ganzen Naturentwicklung festhaltenden Standpunkte aus, ist der wahre innere Zusammenhang aller Abstufungen des Naturlebens zu finden, und eben durch diese Anknüpfung an die Entwicklungsgeschichte des Menschen selbst gewinnt auch die Naturgeschichte ihre höchste Bedeutung. Wie uns die Natur äusserlich ohne den Menschen nur das Bild eines herrenlosen Irrgartens bietet, so führt auch die wissenschaftliche Betrachtung, welche die innere geistige Grundlage der Natur und den wesentlichen Zusammenhang derselben mit dem Geiste läugnet, in ein Chaos von unbekannten, d. h. dem Geiste verschlossenen Stoffen und Kräften *), oder eigentlicher nur von unbekannten Ursachen, welche auf unerklärliche Weise zusammenwirken. Aus diesem dunklen Chaos führt kein lichter Pfad zum Geiste hinauf, ja es ist inconsequent den Geist selbst von diesem Standpunkte aus als etwas anderes, denn als eine wesenlose Folge des Zusammenwirkens unbekannter Ursachen zu betrachten. Uns vor solcher trostloser Beraubung der Wissenschaft zu bewahren ist aber vor Allem das Studium der Entwicklungsgeschichte geeignet, denn die im Zusammenhange des Werdens aufgefasste Erscheinung muss uns nothwendig zur Anerkennung des Werdenden, als eines inneren, in allem Wechsel gleichen (specifischen) Wesens führen.

Die Auffassung der einzelnen Erscheinung als Glied einer Reihe wesentlich zusammen gehöriger Darstellungen erfordert nicht bloss ein Zurückgehen

*) Das Trostlose einer solchen wesenlosen Naturbetrachtung, welche natürlich in der Vorstellung und Sprache der Wissenschaft alles dasjenige auszurotten bestrebt sein mnss, was ihr von ihrem Standpunkte als anthropopathisch erscheint, tritt uns nur desshalb noch nicht in seiner vollen Gestalt entgegen, weil die geforderte Ausrottung bei der innigen und uralten Verwachsung tieferer Ideen mit der Sprache des Menschen sich nicht so leicht durchführen lässt. Vergl. Schleiden, die Pflanze und ihr Leben, p. 15.

Digitized by Google

der Forschung auf die ersten Anfänge, aus welchen allein die folgenden Umgestaltungen ihr richtiges Verständniss erhalten können, sondern auch ein Fortführen der Beobachtung bis zum Ziel der Entwicklung, wodurch anderseits erst das in dem Bildungsprozess Erstrebte seiner wahren Bestimmung nach erkannt werden kann. Es gilt diess ebensosehr von dem einzelnen Organ, dessen physiologische Bestimmung sich erst in der vollendeten Bildung entschieden realisirt, wie von dem individuellen Ganzen, dessen specifischer und generischer Charakter sich hauptsächlich auf den letzten Stufen der Metamorphose, z. B. bei der Pflanze in Blüthe und Frucht, ausspricht. Es gilt diess ferner ebenso von den umfassenderen Entwicklungsreihen in der Natur. Die Charakteristik jeder Gattung, Familie, Klasse u. s. w. soll den Typus, gleichsam die ideale Aufgabe derselben, auffassen, wozu die unteren Glieder der Reihe überall weniger geeignet sind, als die oberen, in welchen er reiner und vollkommener ausgeprägt ist. So ist im Schnabelthier der Typus des Säugethiers so unvollständig und abweichend dargestellt, dass man lange zweifeln durfte, ob es überhaupt in die Reihe der Säugethiere gehöre, und die Blüthe der Sagobäume (Cycadeen) gleicht einer Blüthe so wenig, dass man nur nach vielen vergleichenden Studien sich überzeugen konnte, dass diese Gewächse wirklich an den Anfang der Reihe der Blüthenpflanzen (Phanerogamen) gehören. Wenden wir diese Betrachtungsweise auf das Ganze der Natur, als die alle untergeordneten Reihen involvirende Entwicklungsreihe, an, suchen wir auch hier am Ziele der Entwicklung die Lösung des Räthsels, so werden wir entschieden auf die Ausbildung des Geistes, als die auf der höchsten Stufe des Naturlebens erscheinende Bestimmung des ganzen Prozesses, hingewiesen. Der Geist, der im Menschen zur Entwicklung kommt, ist nicht von aussen mit dem Naturorganismus zusammengefügt, denn wir sehen sein Durchbrechen schon auf den tieferen Stufen des Naturlebens, besonders im Thierreich, angedeutet; das geistige Leben ist vielmehr die reinste und geläutertste Darstellung desselben Lebensgrundes, der uns auf den vorausgehenden Stufen als Naturleben entgegen trat. Von dem Geiste können wir

Digitized by Google

sagen, dass er das Jüngste in der Natur, und doch auch das Aelteste sei, in seinem letzten Alter eben seine ewige Jugend, die seinem Wesen gebührende Freiheit, zu erreichen bestimmt. Von dem tragenden und stützenden Boden der Natur sich erhebend streben diesem Ziele innerer Lebensbefreiung die geistigen Verjüngungen in der Geschichte des Menschen zu, den Geist aus jeder Veraltung, aus jeder Fessel der Zeit, zu neuem Lebensaufschwung treibend.

So knüpft sich unsere eigene Geschichte an die Geschichte der Natur! Der Gedanke der Verjüngung in Wissenschaft, Kirche und Staat bewegt auch jetzt wieder die Völker und tritt uns in den vielfältigsten Bestrebungen in mannigfach sich durchkreuzender Weise entgegen. Leider haben wir bis jetzt fast nur die negative Seite dieser Bestrebungen, die zerstörende, kennen gelernt, aber dem Naturforscher liegt es nahe in dieser Auflösung nur den Uebergang zu einer neu auferbauenden, das Positive in allen Gebieten nur tiefer erfassenden und vollkommner gestaltenden Zeit zu erblicken. Ob diese Hoffnung sich erfüllen wird? Ob das alte Europa nicht vielmehr beim Greisenalter angelangt und seiner Auflösung nahe ist? Darauf muss die Antwort zunächst im eigenen Herzen geschrieben stehen; willst du sie aber ausserhalb suchen, so siehe mit dem Auge des Naturforschers in die verborgenen Werkstätten der Zukunft, und du wirst einen unendlichen Reichthum von Keimen und Knospen finden, die die Verheissung einer reichen Zukunft in sich tragen; du wirst sie vor Allem finden im Bereiche der Wissenschaft, als dem höchsten Gebiete der geistigen Entwicklung, von welchem allein die letzten Neugestaltungen des Lebens ausgehen können und sollen. Doch diess sind Abschweifungen, welche von dem Zwecke der vorausgehenden Betrachtungen allzuweit abführen. Wenn es jedoch wahr ist, dass alle Gebiete des Lebens Theile eines grossen Entwicklungsganzen sind; wenn es wahr ist, dass jede Wissenschaft in ihrer tieferen Ergründung zu denselben ewigen Ideen, die die Grundlage aller Wirklichkeit und aller Wahrheit sind, zurückführt, so muss auch jedes Gebiet im Andern sich abspiegeln, und so

Digitized by Google

mag es dem Naturforscher erlaubt sein jegliche Bewegung des menschlichen Lebens, die ihn umgiebt, im Spiegel der Natur zu betrachten, in deren gesetzlich gebundenem Walten den Schlüssel ruhigen Urtheils zu finden ihm manchmal Gewinn und Lohn ist.

Im Vorausgehenden haben wir das Verjüngungsphänomen nach seiner allgemeinen äusseren Erscheinungsweise zu betrachten und das weite Gebiet zu bezeichnen gesucht, in welchem es in so mannigfaltiger und im Wesentlichen doch immer gleicher Weise sich wiederholt. Ein tieferes Eingehen in die Natur der Verjüngung würde eine genauere Untersuchung über das Wesen des Alters und der Jugend voraussetzen. Nur einige Bemerkungen über die Jugend mögen hier noch erlaubt sein. Je nachdem wir das Leben als blosses Resultat äusserer Ursachen betrachten, oder seinen Grund in ursprünglicher innerer Begabung finden, wird uns die Jugend das eine Mal als Armuth, Mangel und Rohheit, das andere Mal als noch ungetheilte Fülle und Kraft des unentwickelten Daseins, als überschwenglicher Reichthum inneren, in die Entfaltung strebenden Triebes erscheinen. So treten uns z. B. diese beiden Betrachtungsweisen entgegen in der Anwendung auf den ersten Jugendzustand des Menschengeschlechts, wo wir auf der einen Seite die Lehre von dem anfänglichen Thierzustande des Menschen finden, nach welcher der Mensch, vom Affen kaum unterscheidbar, wahrscheinlich schwarz von Farbe, vielleicht selbst noch vierfüssig oder kletternd, kunst-, sprach- und gedankenlos seiner Nahrung nachgieng, erst allmählig durch Nachahmung der Naturlaute und gleichsam zufällig die Sprache erfand, und nur durch äussere Nöthigung, nicht durch inneren Trieb, durch den Kampf, in den ihn seine ausgezeichnete Wehrlosigkeit und Unbehülflichkeit mit der äusseren Natur setzte, zu jeglichem Anfschwung des Lebens in Kunst und Gesittung geführt wurde, jeden Fortschritt von Aussen sich anbildend, nicht von Innen entwickelnd. Dieser Darstellung gegenüber steht die Lehre von dem paradiesischen Zustand des ersten Menschen, der gleich bei seinem ersten Erscheinen als Herr der ihm gehorchenden Natur entgegentritt, als

Digitized by Google

vollendeter Mensch und Ebenbild Gottes, von der inneren Fülle getrieben, die in ihm eingeborenen göttlichen Ideen auch ausser sich in Wort und Werk zu gestalten. Wenn wir Beides, Inneres und Aeusseres, in seiner Zusammenwirkung im Leben anerkennen, so werden wir auch die bezeichneten beiden Anschauungsweisen, abgesehen von den Uebertreibungen auf der einen und der mythischen Darstellung (welche das innerlich Gegebene schon als äusserlich vollendet darstellt) auf der andern Seite, unschwer vereinigen. Dass die erste Betrachtungsweise, welche, consequent dnrchgeführt, das Innere und Wesentliche in den Naturerscheinungen gänzlich verkennt, nicht genügt, das kann uns, wenn wir es, worauf schon oben hingewiesen wurde, im eigenen Leben nicht finden, oder von da aus nicht auf das Leben ausser uns schliessen wollen, der Instinkt der Thiere zeigen, in welchem ein so grosser Reichthum nicht von Aussen gegebener, sondern unzweifelhaft eingeborener Gaben, wie die Gabe des Gesangs, die Kunst- und Wandertriebe u. s. w. sich offenbart. Die Erscheinungen im Seelenleben der Thiere, welche wir dem Instinkte zuschreiben, sind mit Recht Dem verglichen worden, was man in der leiblichen Sphäre den specifischen Bildungstrieb oder die typische Kraft genannt hat. Der Instinkt ist die Fortsetzung des Bildungstriebes in einer höheren Sphäre, wie diess besonders in den Erscheinungen des Kunsttriebes, in der Bildung von Hüllen und Gewändern (Serpula, Phryganea, Psyche), Nestern und Wohnungen, als einer Art weiteren und äusserlicheren Leibesbildung, deutlich erscheint. Der specifische Bildungstrieb ist aber gleichfalls keine von aussen gegebene Richtung der Thätigkeit, sondern ein innerlich gegebener, aus innerem Grunde, als innere Bestimmung und Kraft, wirkender. Diess erweiset sich darin, dass bei gleichen äusseren Lebensbedingungen doch in jedem Geschöpfe der Organismus sich auf besondere, specifische, ja selbst individuelle Weise gestaltet, worauf das ganze mannigfaltige Bild beruht, das uns jeder gemischte Wald, jede Wiese, jede Flur bietet. Da sehen wir im Haine den Waldmeister und die Einbeere, später im Sommer das Weidenröschen und den Fingerhut, dort am Felsen

Digitized by Google

das kleine Farnkraut, das Löwenmaul, den Mauerpfeffer nebeneinander; sie nehmen die gleiche Nahrung zu sich, und bilden ihren Bau aus den gleichen Grundstoffen. Was erhält sie in ihrer Verschiedenheit? Es ist dieselbe Kraft, welche bewirkt, dass verschiedene Thiere die gleichen Nahrungsmittel zu so constant verschiedener Leibesbildung verarbeiten können, so wie, dass umgekehrt auch ein bedeutender Wechsel in der Nahrung den specifischen Typus nicht zu verwischen vermag. Diese innere Kraftbegabung des Lebens spricht sich nun ganz besonders in der Jugend aus, während im späteren Alter die bildenden Kräfte mehr und mehr in den Produkten ihrer eigenen Thätigkeit gebunden und nur noch in kleinerem Kreise thätig sind, bis endlich ihre Thätigkeit, im eigenen Werke immer mehr eingeengt, erlischt.

Für den Begriff der Verjüngung ziehen wir aus den vorhergehenden Betrachtungen die Folgerung, dass das Aufgeben bereits erreichter Gestaltungen und das Zurückgehen zu neuen Anfängen, womit die Verjüngung beginnt, nur die äussere Seite des Vorgangs bezeichnen, während die wesentliche Seite desselben vielmehr eine innere Sammlung ist, gleichsam ein neues Schöpfen aus dem eigenen Lebensgrund, ein erneutes Sichbesinnen auf die specifische Aufgabe oder eine erneute Erfassung des typischen Vorbildes, welches im äusseren Organismus dargestellt werden soll. Hiedurch erhält die Verjüngung ihre bestimmte Beziehung zur Entwicklung, die eben nur das im Wesen des Geschöpfes Liegende, ihm innerlich Eigene in stufenweiser Vervollkommnung zur Darstellung bringen kann und soll.

Zur Verdeutlichung dieser inneren Seite des Verjüngungsprozesses mag uns zunächst der Schlaf dienen, denn auch er ist ein Phänomen periodischer Verjüngung, der Verjüngung des Bewusstseins. Im Schlafe giebt der Geist die Spannung auf, in der er wachend sich gegen die Welt ausser sich gehalten hatte. Alle Bilder und Gestalten des Gedankenlebens verschwinden oder erscheinen nur noch wie Spiegelbilder im Traum; der Geist sinkt zurück in einen Zustand, dem vergleichbar, in welchem er vor seinem ersten Erwachen zum Bewusstsein war, also äusserlich betrachtet auf einen tieferen

Digitized by Google

Entwicklungszustand, denn der Schlaf ist im Entwicklungsgang des menschlichen Lebens älter als das Wachen. Aber der Geist verliert sich im Schlafe nicht, er sammelt sich vielmehr zu neuer Kraft, zu neuer Erfassung seiner Aufgabe, und Vieles, was zerstreut und verwirrt die wachen Gedanken durchkreuzte, wird durch diese Sammlung gesichtet und geordnet.

Wie der Schlaf für den Geist eine nothwendige Erholung ist, so auch für alle ihm zunächst dienende Thätigkeit des Körpers. Die inneren Bildungsvorgänge dagegen, durch welche der Körper selbst erhalten wird, ruhen nicht in dieser Zeit der Zurückziehung, sie wirken vielmehr um so ungestörter und concentrirter. Daher die verjüngende Kraft des Schlafes auch für den Körper, die uns in manchen Fällen, z. B. wenn der Schlaf in schweren Leiden als Krisis auftritt, so wunderbar erscheint. Am auffallendsten aber sehen wir den Zusammenhang des Schlafes mit der leiblichen Verjüngung im Puppenschlaf der Insekten. Hier, wo die bedeutendste Umgestaltung, die wir im Thierreich kennen, die der trägen Raupe in den leichtbeflügelten Schmetterling, oder der fuss- und kopflosen Made in die scharfgegliederte Fliege vor sich geht, findet auch die grösste Zurückziehung und Sammlung des Lebens statt, ein tiefer Schlaf von Wochen, Monate, ja selbst Jahre langer Dauer, der sich dem Embryonenschlaf in der ersten Bildungszeit des Organismus, dem Schlafe im Ei, vergleichen lässt. Ohne Nahrung und Ortsbewegung, gleichsam eingesargt in seiner Puppenhülle, bereitet das Insekt den verjüngten Leib seiner künftigen Auferstehung zu einem befreiteren, beweglicheren Dasein.

Das Erwachen des Schmetterlings aus dem Puppenschlaf erinnert an das Erwachen der Natur aus dem Winterschlaf im Frühling, wodurch wir zu dem eigentlichen Gegenstand der heutigen Betrachtung, den Verjüngungen des Pflanzenlebens, geführt werden. Die Pflanzenwelt ist ja die hauptsächliche Werkstätte des Frühlings, „die wunderbare Werkstätte, wo Myriaden pflanzlicher Atome in kurzer Zeit die Fäden spinnen zur Bekleidung der Bäume und zum grünenden Teppich der Erde. Mit all seinem Sonnenglanze

Digitized by Google

über Land und See, mit all seinen schwellenden Strömen und Bächen, wäre ohne Laub und Blumen der Frühling öde und leer, wie ein Himmel ohne Sterne. Nur Laub und Blumen geben dem bewegten Gemälde Leben und Frische *)."

Aber hier müssen wir vor Allem den Schein beseitigen, als ob alle die Pracht des wiedergeborenen Pflanzenreichs, die uns im Frühling so zauberisch entgegen tritt, bloss das Werk der wenigen Tage wäre, in denen sie so plötzlich zum Vorschein kommt. Nein, in der Werkstätte des Pflanzenlebens beginnt die Arbeit der Verjüngung früher, deren letzte Schritte bloss uns der Frühling vor Augen führt. Nur was lange vorher im Stillen bereitet ward, was in der schlimmen Zeit des Winters sich erhalten und gekräftigt, kann der Hauch des Frühlings zur Entfaltung bringen. In dem Maasse nämlich als im Sommer und Herbst das Pflanzenreich in Sprossen, Laub und Blüthen, in Holz und Frucht dem Triebe nach äusserer Darstellung, nach Entfaltung und fester Ausbildung Genüge leistet, kehrt es gleichzeitig auch wieder in sich zurück, in Knospen und Samenbildung die Keime neuen Lebens zu bereiten. So wird grossentheils schon im vorhergehenden Sommer und Herbste gebildet, was nach überstandenem Winter der kommende Frühling entfaltet. Schon jetzt im August findet man in den Gipfel- und Seitenknospen der Eiche innerhalb zahlreicher, fünfzeilig angeordneter Knospenschuppen die Anfänge der für das nächste Jahr bestimmten Laubblätter, ja in den meist paarigen Endknospen des Flieders (Syringa) findet man nicht bloss diese, sondern auch den reichen Blüthenstrauss für's künftige Jahr mit Hunderten dicht aneinander gedrängter Blüthen, die um diese Zeit freilich nur als unscheinbare grüne Knöpfchen von kaum $\frac{1}{12}$ Linie Durchmesser erscheinen. Im Herzen der Tulpenzwiebel, geschützt von 3- bis 4facher saftiger Niederblatthülle, findet sich im August ein kleineres, grüngelbes Knöspchen; es ist der Tulpenstengel fürs nächste Jahr mit all

*) Elias Fries, der Frühling (Archiv scandinavischer Beitr. I. p. 182. 214).

Digitized by Google

seinen Theilen, welche er 9 Monate später über die Erde bringt, nämlich 2 bis 3 Laubblättern, zwischen welchen die kaum $1/3$ Linie hohe Blüthe versteckt liegt, deren Blumenblätter und Staubgefässe als äusserst kleine, einförmige, unter sich fast ununterscheidbare und sich noch nicht, wie bei der späteren Gestaltung der Blüthenknospe, zusammenschliessende Höckerchen erscheinen, während das Pistill in der Mitte als ein niedriges dreilappiges Höckerchen sichtbar ist. Etwas vorgerückter schon ist um die gleiche Zeit die Blüthentraube der Hyacinthe im Innern der vielschaligen Zwiebel, indem die 3 äusseren Blumenblätter jeder Blüthe sich bereits zusammenzuschliessen beginnen. Bei dem Ophioglossum, einem seltsamen Pflänzchen aus der Verwandtschaft der Farnkräuter, welches jährlich nur ein Laubblatt und eine Aehre entfaltet, findet man in der in der Erde verborgenen Knospe, umhüllt von einem zelligen, nicht aus Niederblättern oder Knospenschuppen gebildeten, sondern thallusartigen Mantel, schon im Mai nicht bloss das Blatt und die Aehre fürs nächste, sondern sogar schon den Anfang des Blattes für das zweitfolgende Jahr.

Ein weiteres Vordringen in die verborgenen Werkstätten der Verjüngung bei den Pflanzen erfordert zunächst eine genauere Untersuchung der Knospe. Die Pflanze ist Knospe, soweit sie der Anlage nach fertig, aber in Beziehung auf Ausbildung noch in dem Stadium des engen Zusammenhaltens der Theile gehalten ist. Was sich später entfernt und entfaltet, ist hier noch dicht zusammengelegt und gleichsam ineinander geschachtelt. Die Knospe wird daher auch wohl als ganze junge Pflanze, und jede neue Knospe am alten Pflanzenstock als neue Pflanze, als Individuum, betrachtet. „Gemmae totidem herbae“ ist ein schon von Linné ausgesprochener Satz, der seither vielfach wiederholt worden ist *). Nichtsdestoweniger ist diese Auffassungsweise der Knospe gewissermassen selbst noch im Knospenzustand geblieben,

*) Z. B. von Röper (Linnaea 1826 p. 434) und in jüngster Zeit von J. N. Carus (zur näheren Kenntniss des Generationswechsels p. 30.)

Digitized by Google

indem der überraschend folgenreiche Inhalt derselben bis auf die jüngste Zeit noch keineswegs gehörig entwickelt worden ist. Zunächst jedoch bedarf die Vorstellung von der Knospe als Individuum noch einer wesentlichen Reinigung. Das hier als Knospe bezeichnete muss vielmehr, weil dieser Ausdruck bloss einen bestimmten Alterszustand dessen, was gemeint ist, ausdrückt, Spross genannt werden, in dem bestimmten Sinne, dass wir unter Spross das einer Achse angehörige Ganze der Pflanze verstehen, dass wir somit Alles, was direkt aus einem Vegetationscentrum (punctum vegetationis) hervorgeht und wesentlich einer Entwicklungslinie angehört, als einem Spross angehörig betrachten. Aug und Knospe sind nur Anfang und Jugendzustand des Sprosses, und häufig begreift das, was wir Knospe nennen, nicht den ganzen Spross, sondern nur einen Theil desselben, wenn nämlich der untere Theil des Sprosses bereits entfaltet ist und nur ein oberer Theil noch im Knospenzustand verharrt. So hat jede reichbesetzte, nur allmählig sich fortbildende und allmählig sich entfaltende laubtragende Achse, wie z. B. der Schössling der Weide, die Rosette des noch nicht aufgeschossenen Lattich's, die Krone der Palme oder der Agave eine zwischen den obersten Blättern versteckte Knospe (ein „Herz“), die aber ganz allmählig in den entfalteten Theil der Krone, Rosette, oder des Schosses übergeht. In anderen Fällen tritt in Beziehung auf Zeit der Entfaltung und Stufe der Bildung ein schärferer Abschnitt zwischen dem früher entfalteten und dem länger im Knospenzustande verharrenden Theile des Sprosses ein, so z. B. bei der Eiche, der Buche und anderen Laubhölzern, deren Laubtriebe mit einer Knospe endigen, die zwar wieder mit Niederblättern (Knospenschuppen) beginnt und ein Jahr später, als der vorausgehende Theil des Triebes sich entfaltet, aber nichtsdestoweniger der direkten Fortsetzung der Achse, somit auch demselben Sprosse angehört. So auch, wenn eine Blüthenknospe den Schluss eines Sprosses bildet, an welchem die vorausgehenden Formationen sich früher als die Gipfelblüthe entfalten, wie bei der Tulpe, dem Ranunkel, der Gichtrose (Paeonia). Hier ist es nicht die abgesonderte Knospe, welche als Pflanzen-

Digitized by Google

individuum betrachtet werden muss, sondern der ganze Spross, der in diesen Fällen mehrere übereinander gebaute Knospungen umfasst. Es spricht sich zwar in jeder Knospenbildung eine Verjüngung im Bildungsgange der Pflanze aus, aber nicht jeder darf desshalb in gleicher Weise auch individuelle Bedeutung beigelegt werden, denn einige Knospungen gehören der individuellen Fortbildung des einzelnen Triebes selbst an (alle Gipfelknospen), mit anderen dagegen beginnt eine neue individuelle Entwicklungslinie, ein neuer Spross, wie diess bei allen Seitenknospen der Fall ist. Wollte man auch den Gipfelknospen individuelle Bedeutung beilegen, so müsste man, in Betracht der Fälle, wo die Gipfelknospe sich allmählig entfaltet und im Centrum ebenso allmählig erneuert, zuletzt jedem einzelnen Blatte mit seinem tragenden Stengelgliede, da jedes ein besonderes Verjüngungsglied der fortschreitenden Bildung ist, den Rang eines Individuum's zusprechen. Aber auch hiebei dürften wir, wenn wir jedem Verjüngungsschritte die gleiche Bedeutung in dieser Beziehung beilegen wollten, nicht stehen bleiben, denn auch jedes Organ der Pflanze, wie Stengelglied und Blatt, wird selbst wieder gebildet durch eine Reihe von Verjüngungen, die wir in der Zellbildung der Theile sehen, und die einzelne Zelle selbst hat zuletzt noch ihre Verjüngungsperioden. Wir müssen daher, wenn wir die verschiedenen Abstufungen in den Verjüngungserscheinungen des Pflanzenlebens übersehen wollen, besonders betrachten: 1) die Sprossbildung; 2) die Blattbildung; 3) die Zellbildung.

I.
Die Sprossbildung.

Dass die Sprossbildung in die Reihe der Verjüngungserscheinungen gehört, kann keinem Zweifel unterliegen, denn mit jedem Sprosse beginnt eine neue Entwicklungsreihe, deren Verhältniss zur ganzen Entwicklungsreihe des specifischen Pflanzenlebens wir hier vorzugsweise zu untersuchen haben, um die Sprossbildung in ihrer wahren Bedeutung aufzufassen. Der Hauptspross der Pflanze nimmt seinen Ursprung im Samen und ist selbst nur die

Digitized by Google

direkte Entwicklung des Samenpflänzchen's (Embryon), somit aus der ersten Vegetationsspitze der Pflanze, welche, rückwärts verfolgt, bis zur ersten Keimzelle zurückführt, erwachsen. Die Seitensprosse (Zweige), obgleich in ihrer Entstehung nicht an die Zusammenwirkung der Geschlechter gebunden, stimmen doch darin mit dem Hauptspross überein, dass auch sie sich aus besonderen, von dem des Hauptsprosses von der ersten Entstehung her verschiedenen Bildungscentren entwickeln. Auf die Entstehung des Hauptsprosses, mit welcher jeder neue Pflanzenstock anhebt, kommen wir später bei der Betrachtung der Fortpflanzung aus dem Gesichtspunkt der Zellbildung zurück; hier sollen uns die Seitensprosse, welche in den Kreis der Ausbildung des Pflanzenstockes selbst gehören, beschäftigen.

Ueber die Entstehung der Seitensprosse oder Zweige fehlt es leider noch an allseitig durchgeführten Untersuchungen, doch ist soviel gewiss, dass die Entstehung der Zweige später ist, als die der Blätter, dass sie ihren Ursprung aus dem schon entwickelteren Gewebe des Stengels nehmen, während die erste Anlage des Blatts mit den frühsten Stadien der Gewebebildung unterhalb der Vegetationsspitze zusammenfällt*). Während das Blatt, als wesentlicher Theil des Sprosses, in seiner Bildungsgeschichte mit der des Stengels innig verknüpft ist**), so erscheint dagegen die Bildung des Sprosses in keinem wesentlichen Zusammenhang mit der Ausbildung des Stammes, aus welchem er hervorgeht. Diess wird noch dadurch bestätigt, dass die Sprosse nicht immer, wie die Blätter, in bestimmt geregelter Anordnung am Stamme vertheilt sind, sondern in manchen Fällen auch ohne

*) Vergl. Nägeli in Zeitschrift für wissenschaftl. Botanik, Heft III und IV. p. 153. 177.

**) Die wesentliche Zusammengehörigkeit von Blatt und Stengel spricht sich auch in der vollendeten Bildung dadurch aus, dass es zwischen dem Blatt und dem es tragenden Stengeltheil keine scharfe Grenze giebt. Man vergleiche die allmählig im Stengel verschwindenden Blattkissen (Larix, Picea, Cacteen, Cacalia articulata) und die durch herablaufende Blattränder geflügelten Stengel.

Digitized by Google

Ordnung aus beliebigen Stellen des krautartigen Stengels*) oder des älteren verholzten Stammes, ja sogar der Wurzel **) und des Blattes, als sogenannte Adventivknospen, entspringen können. Es ist ein bedeutsamer Fingerzeig für den wesentlichen Unterschied in der Entstehung der Blätter und Zweige, dass es keine Adventivblätter giebt. Am deutlichsten spricht sich der Charakter der Neubildung bei der in abgeschnittenen Wurzelstücken von Holzgewächsen eintretenden Bildung von Adventivknospen, wie sie von Trécul an Ailanthus, Paulownia, Tecoma und Maclura beschrieben worden ist, aus. In der tieferen Lage der zelligen Rinde bildet sich hier durch lokale Wucherung des Zellgewebes ein neuer Bildungsheerd, in welchem selbst wieder eine viel zärtere Zellgewebsmasse, als neue Bildungssphäre, entsteht, die nach aussen, wiewohl noch eingeschlossen im Gewebe der Rinde, bald zum blattbildenden Vegetationspunkt wird, nach innen stielartig in die Bildungszone der Wurzel (die Cambiumschichte) eingreift und sich durch Bildung eines eigenthümlichen Gefässsystemes, das an der Grenze zwischen dem Stiel der Adventivknospe und dem Holzkörper der Wurzel seinen Anfang nimmt, mit letzterem in festere Verbindung setzt***). Erst später bricht die Knospe durch die Rinde, in der sie bisher verborgen war, durch. Hier kann kein Zweifel sein, dass der Spross eine wirkliche, in diesem Fall sogar accidentelle Neubildung ist, ein neuer Lebensanfang, der sich seine eigene Bildungssphäre, seinen eigenen Vegetationspunkt und, in Folge der Entwick-

*) Bei Euphorbia, Linaria, Anagallis aus dem Stengelglied unterhalb der Cotyledonen.

**) Häufig bei Holzgewächsen, selten bei krautartigen Pflanzen, z. B. Euphorbia Cyparissias, Linaria, Rumex Acetosella, Ajuga genevensis, Nasturtium pyrenaicum, Jurinea Pollichii, Helichrysum arenarium.

***) Trécul, recherches sur l'origine des bourgeons adventifs. Annales des sc. nat. VIII. (1847) p. 268. Die daselbst als zwei verschiedene Entstehungsweisen beschriebenen und auf Tafel 7 f. 6 unter b und b' dargestellten Fälle möchten doch wohl nur Stadien eines und desselben Vorgang's sein.

Digitized by Google

lung desselben, seine eigene Achse, um welche er seine Theile ordnet, schafft. Dadurch wird die Betrachtung des Sprosses als Individuum gerechtfertigt, denn, wenn wir überhaupt der Pflanze Individualität zuschreiben dürfen, wozu uns die in bestimmten Entwicklungscyklen sich wiederholende Erscheinungsweise derselben allerdings berechtigt, so müssen wir das Individuum als einheitliche Entwicklungsreihe auffassen und als Criterium desselben die Einheit des Vegetationspunktes, aus welcher die Reihe hervorgeht, oder, im entwickelten Zustand, die Einheit der Achse aufstellen. Darnach kann nur der einfache Spross als Pflanzenindividuum betrachtet werden, und dass dieser, so sehr auch das Pflanzenindividuum an innerer Einheit hinter dem thierischen zurücksteht, wirklich das Analogon des thierischen Individuum's ist, wird durch die Vergleichung derjenigen Thiere, welchen durch Sprossbildung entstehende Familienstöcke zukommen, auf's unzweifelhafteste bewiesen.

Die Bildung des zusammengesetzten Pflanzenstockes durch Sprossbildung ist somit eine Erscheinung der Fortpflanzung, wenn wir diesen Ausdruck, wie es Wortlaut und Sprachgebrauch mit sich bringen, im Allgemeinen auf die Hervorbringung neuer Individuen zum Behuf der Vermehrung und Erhaltung der Pflanzenart anwenden. Man hat zwar die Fortpflanzung durch Sprossbildung, auf welcher nicht bloss die Bildung zusammengesezter Stöcke beruht, sondern in welcher, durch natürliche oder künstliche Ablösung der Sprosse, auch die Möglichkeit der Bildung getrennter Stöcke gegeben ist, als blosse Vermehrung von der eigentlichen (geschlechtlichen) Fortpflanzung unterschieden, oder auch als Fortpflanzung des Individuum's im Gegensatze der durch Samenbildung vermittelten Fortpflanzung der Species bezeichnet *). Allein abgesehen von den Widersprüchen, die hier schon im Ausdruck liegen, erreichen diese Feststellungen das wahre Wesen der in

*) Link, elem. philos. bot. p. 208. „Gemmae individuum continuant, cum semina speciem propagent." Dass der Seitenspross, morphologisch betrachtet, keine continuatio, sondern ein Neuanfang ist, ist oben schon gezeigt worden.

Digitized by Google

der Sprossbildung auftretenden Fortpflanzungsweise keineswegs, denn es ist nicht richtig, dass der Sprossbildung bloss die Aufgabe der Vermehrung zukommt, wie ich im Folgenden zu zeigen suchen werde; ebenso trifft es nicht in allen Fällen zu, dass die durch Sprossablösung (Ableger) gebildeten neuen Stöcke den individuellen (genauer den Varietäts-)Charakter des Mutterstockes, unverändert bewahren, indem selbst ohne Trennung vom Stock einzelne Sprosse zuweilen, wie man zu sagen pflegt, aus der Art schlagen. Die bekannten Beispiele vom Vorkommen einzelner blauer Trauben an Stöcken weisser Varietäten, einzelner rother Johannisbeertrauben gemischt unter den weissen desselben Stockes, einzelner rein schwefelgelber Rosen unter den zweifarbigen der Feuerrose (Rosa Eglanteria var. bicolor) geben hiefür Belege. Die hieher gehörigen merkwürdigen Erscheinungen an der Bastardart: Cytisus Adami, die in einzelnen Sprossen bald die eine, bald die andere Mutterart (Cyt. Laburnum und purpureus) wieder zum Vorschein bringt, sollen bei einer nachfolgenden Betrachtung noch besonders berücksichtigt werden.

Die wahre Bedeutung der am Pflanzenstocke auftretenden Sprossbildung ist die einer untergeordneten Fortpflanzung. Der durch die geschlechtliche Fortpflanzung (Samenbildung) gegebene Entwicklungscyklus theilt sich bei der Mehrzahl der Pflanzen in höchst mannigfaltiger Weise selbst wieder in untergeordnete Entwicklungsreihen, die durch Sprossbildung auseinander hervorgehen, so dass, was bei höher individualisirten Wesen im einfachen Individuum vollendet wird, bei der Pflanze, durch das Eintreten eines untergeordneten Fortpflanzungsprozesses, einer Gesellschaft von Individuen, einer Generationsreihe und einem dadurch gebildeten Familienkreise zugetheilt ist. Die untergeordnete Natur dieser durch die Sprossbildung dargestellten Fortpflanzungsweise spricht sich aus: 1) in der Anknüpfung der Sprossbildung an die niederen Entwicklungsstufen des Gewächses; 2) in der Unvollkommenheit der Sprossindividuen in Beziehung auf die der Pflanze specifisch zukommende Reihe von Entwicklungsstufen; 3) in dem Ergänzungsverhältniss, in welches die verschiedenartigen Sprosse derselben Pflanze gegeneinander treten.

Digitized by Google

spross zu einem tieferen Anfang zurückgeht, als der Haupt- oder Urspross ihn vom Samen her mitbrachte. Es ist diess ein Vorgang durch welchen die Pflanze sich in der zweiten Generation tiefer als Anfangs in die irdische Verbindung einlässt und fester in ihr begründet, dem Pflanzenleben durch die Niederblattbildung und die ihr meist folgenden Adventivwurzeln eine nachhaltigere, dauerhaftere und geschütztere Existenz bereitend. Zur Erläuterung dieses Falles, der besonders für die Biologie der ausdauernden Gewächse oder Stauden von Bedeutung ist, mag noch Folgendes dienen. Es ist augenscheinlich, dass die Keimblätter dicotyledonischer Pflanzen, obgleich in ihrer Gestalt von allen folgenden Blättern meist auffallend verschieden *), doch nicht der niedersten Blattformation angehören, sondern vielmehr im Wesentlichen die Charaktere der zweiten Blattformation, der der Laubblätter, an sich tragen, während dagegen das scheidenartige Keimblatt der Monocotyledoneen sich meist entschieden wie ein Niederblatt verhält. Einjährige Dicotyledoneen setzen nun von den Keimblättern aus die Laubformation fort, ohne jemals, weder am Haupt- noch an den Seitensprossen, Niederblätter hervorzubringen; perennirende Dicotyledoneen dagegen steigen meist von der ursprünglichen Laubhaftigkeit zur Niederblattbildung herab und zwar entweder an dem Haupttriebe selbst, wie Adoxa, Helleborus niger, Hepatica, Anemone nemorosa, oder an den aus den Achseln der Keimblätter und der ihnen am Haupttrieb zunächst folgenden Laubblätter entspringenden Seitensprossen, in welchem Fall der Hauptspross, und zwar meist ohne es in seiner Entwicklung bis zur Blüthe gebracht zu haben, entweder ganz, oder wenigstens seinem oberen Theile nach, abstirbt, während die Seitensprosse in Form von bodenständigen Knospen, oder als in die Erde dringende Ausläufer den Winter überdauern, und im zweiten Jahre eine kräftigere und dann auch meist bis zum

*) Man hat die ersten Blätter der Zweige mit den Cotyledonen des Hauptsprosses verglichen, wozu man wohl in der Anordnung derselben, aber nur selten in den Formverhältnissen, ein Anhalten findet.

Digitized by Google

Ziele fortschreitende, Blüthe und Frucht bringende Generation zur Entfaltung bringen. So verhalten sich z. B. die meisten ausdauernden Arten von Aster, Solidago, Achillea, Tanacetum, Mentha, Lysimachia, Hypericum, Epilobium, Lythrum. Auch Oxalis stricta und Solanum tuberosum gehören hieher, bei welchen der Mutterstock gänzlich zu Grunde geht und nur die Enden der Ausläufer als Grundlage der neuen, kräftigeren Generation den Winter überleben. Bekanntlich blüht die aus Samen gezogene Kartoffel im ersten Jahre gewöhnlich nicht oder doch nur ausnahmsweise. Vielleicht das schönste Beispiel dieser Art bietet aber Physalis Alkekengi. Diese Pflanze treibt keimend zwischen den überirdisch sich ausbreitenden, gestielten, breitlanzettförmigen Cotyledonen einen ungefähr handhochen, mit 12 bis 13 an Grösse zunehmenden Laubblättern besetzten Stengel, welcher mit eintretendem Winter abstirbt ohne geblüht zu haben. In den Achseln der Cotyledonen und der folgenden, der Erde noch nahe stehenden Laubblätter entspringen nun im Laufe des Sommers, während der sterile Hauptschoss sich nach Oben weiter ausbildet, Knospen, welche, kaum eine Linie lang, ihre Spitze bereits schief nach unten kehren, und in der Folge, sich mehr und mehr verlängernd, fast senkrecht in die Erde eindringen. Sie sind mit entfernt stehenden, umfassenden, zugespitzten und an der Spitze kappenförmig einwärts gebogenen Niederblättern besetzt, welche über der Erde röthlich, unter der Erde von weisser Farbe sind. Die obersten von diesen in die Erde dringenden und die Grundlage zu der kräftigeren und fruchtbaren Generation des zweiten Jahres legenden Sprossen beginnen wohl auch mit kleinen kümmerlichen Laubblättchen und sinken erst allmählig an der in die Erde dringenden Spitze zur Niederblattbildung herab.

Das vorgreifende Verhalten der Sprosse ist nicht minder häufig als das rückgreifende. Es tritt uns z. B. entgegen, wo wir aus den Achseln von Laubblättern Blüthen ohne Vorblätter oder mit solchen, welche der Hochblattformation angehören, entspringen sehen, wie bei Linaria Cymbalaria, Lysimachia Nummularia, Tropaeolum u. a.

Digitized by Google

Wichtiger für unseren Zweck ist die Betrachtung der Mangelhaftigkeit der Sprosse nach Oben, d. h. in Beziehung auf die Formation, mit welcher sie schliessen. Nicht jeder Spross führt die Entwicklungsreihe, er möge sie nun tiefer unten oder höher oben aufnehmen, bis zu ihrem Schluss in Blüthe und Fruchtbildung, sondern bestimmte Sprosse bleiben auf bestimmten untergeordneten Stufen stehen, über welche hinauszukommen ihnen nicht oder nur in ausserordentlichen Fällen gegeben ist; ja es giebt selbst Fälle, wo statt eines Fortschritts zum Ziel in der Weiterbildung des Sprosses ein Rückschritt der Metamorphose eintritt, was manchmal ein periodisches Auf- und Niederschwanken der Bildung, das mit dem Wechsel der Jahreszeiten in Verbindung steht, zur Folge hat. So z. B. bei der Eiche, der Buche, der Kastanie, deren Triebe Niederblatt und Laub in regelmässiger Wechselfolge von Jahr zu Jahr hervorbringen *).

Diese Beschränkungen nach Unten und nach Oben, welche die Geschichte des einzelnen Sprosses gegenüber der Lebensgeschichte der ganzen Pflanze bestimmen, bilden das wesentlichste Moment in der unendlichen Mannigfaltigkeit, in der uns die Sprossbildung beim Gewächs entgegentritt. Weit entfernt also bloss einer ungeschlechtlichen Vermehrung und gleichheitlichen Vervielfältigung zu dienen, entwickelt die Pflanze vielmehr gerade in der Sprossbildung die grösste Mannigfaltigkeit und wird dadurch zum Gewächs, d. h. zu einem aus untergeordneten Individuen bestehenden Ganzen.

Die untergeordnete Bedeutung der Sprosse spricht sich endlich drittens am entschiedensten aus in ihrer gegenseitigen Ergänzung. Wie wäre es auch anders möglich bei der oft so einseitigen, auf wenige, ja oft auf eine einzige Formation beschränkten Ausrüstung der Sprosse? Ein blosser Niederblattspross erfordert nothwendig das Auftreten der Laubbildung in einer anderen Reihe von Sprossen, und wo diese hinwiederum nicht zur Hochblatt-

*) Ebenso verhält sich auf der Erde hinkriechend und im Wechsel von Laub- und Niederblattbildung wellenförmig auf- und niedersteigend Adoxa.

Digitized by Google

bildung und Blüthe fortschreiten, da müssen noch weitere Ordnungen von Sprossen hinzutreten. So finden wir bei der Kiefer am Haupttrieb und den ihm ähnlichen Zweigen (die frühste Jugendzeit des keimenden Baumes abgerechnet) nur schuppenartige Niederblätter; die dem Baume so nöthige Laubformation ist dagegen einer zweiten Ordnung von Sprossen, den kleinen Zweiglein, welche die zwei-, drei- oder fünfzähligen Büschel nadelförmiger Laubblätter tragen, zugetheilt. Aber diese bringen weder Blüthe noch Frucht; eine neue Ordnung von Sprossen ist es, welche die Staubblätter (stamina) trägt, und wieder eine andere, welche die Grundlage des Zapfens bildet, an welchem, als letzte Sprossbildung, in den Achseln der Zapfendeckschuppen (Hochblätter) die Fruchtschuppen, welche den Samen tragen, erscheinen. So kommen der Kiefer 5 qualitativ verschiedene Sprossordnungen zu, oder, wenn wir den in seinem früheren Verhalten von den Zweigen, welche die Krone des Baums bilden, abweichenden Haupttrieb oder Stamm als besondere Ordnung zählen wollen, sogar 6.

Das Wichtigste und Interessanteste, was sich aus diesen Untersuchungen ergiebt, ist die bestimmte Generationsfolge, in welcher die verschiedenen Ordnungen der Sprosse auseinander hervorgehen. Nur ein kleinerer Theil der (phanerogamischen) Pflanzen nämlich erreicht schon am ersten Haupttriebe, somit in der ersten Generation, das Ziel der Metamorphose, die Blüthe und Fruchtbildung; die grössere Zahl erreicht dieses Ziel erst in der zweiten, dritten, vierten, zuweilen erst in der fünften Sprossgeneration*). Jede Pflanzenart hat hierin ihr specifisches Gesetz und zuweilen unterscheiden sich selbst nahe verwandte Arten**) in dieser Beziehung; häufiger jedoch verhalten sich

---

*) Zählt man das Samenknöspchen (Ovulum) als letzte Sprossgeneration hinzu, so erhält man für alle Pflanzen, die nicht etwa ein Ovulum terminale oder centrale haben, noch einen weiteren Grad der Generationsfolge und die wirklich einachsigen Pflanzen reduciren sich dann fast auf Null.

**) Vergleiche die Gattungen Echium, Arabis, Sagina, Silene, Potentilla, Viola, Lysimachia, Veronica etc. (Siehe Flora 1842 p. 692.)

Digitized by Google

die Arten einer Gattung, ja selbst die Gattungen einer Familie im Wesentlichen der Sprossfolge gleich. So erreichen z. B. die Gräser, Cyperaceen, Orchideen, Labiaten, Scrophularinen, Primulaceen, Cruciferen, Onagreen, Malvaceen, Dipsaceen, Compositen die Blüthe nie in der ersten, meist in der zweiten, zuweilen erst in der dritten Generation; die Plantagineen, so wie die Mehrzahl der Scitamineen, Amentaceen, Leguminosen meist in der dritten, einige der letzteren, wie z. B. Phaseolus, Apios, Hedysarum coronarium, Trifolium montanum in der vierten. Mit dieser Zählung der wesentlichen Sprossgenerationen, oder, wie man es auch bezeichnen kann, der Achsensysteme der Pflanze, sind jedoch nur die allgemeinsten Umrisse von Verhältnissen bezeichnet, die eine unendliche Mannigfaltigkeit untergeordneter Fälle umschliessen. Bei gleicher Zahl der Achsen scheiden sich die Fälle zunächst nach der Vertheilung der Formationen an den betreffenden Achsen. Besonders wichtig in dieser Beziehung ist das Verhalten der letzten Achse, welche die Blüthe trägt. Ob die letzte Achse die Blüthe unmittelbar setzt*), oder nach einer bestimmten Zahl von Blättern vorausgehender Formationen**), oder endlich ob eine unbestimmte Zahl von Blättern der Blüthe vorausgeht***), diess sind Unterschiede, die selbst als Familiencharaktere Bedeutung haben. Aber auch bei gleicher Vertheilung der Formationen treten noch weitere Unterschiede ein in Beziehung auf die Region, aus welcher das nächste Achsensystem entspringt, so wie endlich minder wesentliche, aber für den Habitus der Pflanze doch sehr einflussreiche, in Beziehung auf die Zahl der coordinirten Sprosse jeder Ordnung, die Kräftigkeit und den Reichthum, mit welchem die betreffenden Formationen an den verschiedenen Achsen auftreten, die Dehnungsverhältnisse dieser Achsen u. s. w. Einige

*) Cyperaceae, Orchideae, Cruciferae, Balsamineae, Primulaceae.

**) Gramineae, Irideae haben 1 Vorblatt; Labiatae, Scrophularineae, Lythrariae, Leguminosae haben 2; Gesneriaceae 3 Vorblätter.

***) Polemoniaceae, Ligustrinae.

Digitized by Google

vergleichungsweise nebeneinander gestellte Beispiele mögen diese weiteren Unterscheidungen veranschaulichen:

Paris quadrifolia und Lysimachia Nummularia haben beide zweigliedrige Sprossfolge, allein die Ausrüstung der zwei Achsen ist eine ganz verschiedene. Bei Paris ist I unter der Erde kriechender Niederblattspross, II bringt nach basilärem Niederblatt die Laubformation und die Blüthe; bei Lys. Nummularia ist I kriechender Laubspross, II bringt unmittelbar die Blüthe.

Convallaria majalis und Convallaria multiflora haben beide dreigliedrige Sprossfolge, beide haben auch dieselbe Vertheilung der Formationen, nämlich an Achse I die Niederblatt- und Laubformation, an II die Hochblattformation, während III mit der Blüthe abschliesst. Dagegen unterscheiden sich beide in dem Aussprossungsverhältniss; bei Conv. majalis entspringt nämlich II aus der Niederblattregion von I, bei Conv. multiflora aus der Laubregion. Auch in Beziehung auf die Zahl der coordinirten Sprosse sind beide verschieden, indem Conv. majalis nur einen einzigen Spross zweiter Generation, somit nur einen Blüthenstand, Conv. multiflora zahlreiche Blüthenstände, dagegen minder zahlreiche Sprosse dritter Generation, d. i. nur wenige Blüthen in jedem Blüthenstand besitzt.

Cyclamen und Centunculus haben beide zweigliedrige Sprossfolge, beide gleiche Vertheilung der Formationen und gleiche Aussprossungsregion, indem I Laubspross ist, II Blüthe aus den Achseln der Lanbblätter. Hier sind es hauptsächlich die Dehnungsverhältnisse, welche den so sehr verschiedenen Habitus bedingen. Bei Cyclamen ist I ein knolliger Stauchling, II, die Blüthe, hat dagegen einen verlängerten Stiel; bei Centunculus dagegen ist I ein zarter Schössling, die Blüthe dagegen fast stiellos.

Plantago major und Impatiens Balsamina verdanken ihren sehr verschiedenen Habitus gleichfalls hauptsächlich den verschiedenen Dehnungsverhältnissen. Bei beiden ist I Laubspross; aus den Achseln der Laubblätter entspringen bei beiden II hochblatttragende Sprosse (die Achsen der

Digitized by Google

eigentlichen Holzgewächsen sehen, bei denen ein kleinerer oder grösserer, bloss unterirdischer oder auch überirdischer Theil des Pflanzenstockes fortbesteht. Damit ist die Möglichkeit gegeben, dass die Pflanze an demselben Stocke von Jahr zu Jahr in neuen Generationen wieder auflebt und so wiederholt Blüthe und Frucht bringt. Lösen sich endlich solche unwesentliche Sprosse ab, sei es durch Absterben des alten Stockes, wie bei dem Eisenhut (Aconitum Napellus), der Kartoffel und vielen Zwiebelgewächsen, oder, bei Fortdauer des alten Stockes, durch natürliche Auflösung der Verbindung mit demselben, wie bei den aus den Fäden der Erdbeeren entspringenden jungen Pflanzen, so wird der Spross zum neuen Stock und erscheint als Vermehrungsspross, als natürlicher Ableger. Alle diese Modificationen können an einer und derselben Pflanze vorkommen. So zeigt uns die gemeine Wolfsmilch (Euphorbia Cyparissias) über der Erde zweierlei Bereicherungssprosse, nämlich in der Laubregion dichtbeblätterte, abstehende, meist unfruchtbare Laubsprosse, welche der Laubregion bei dieser Pflanze ihre charakteristische Fülle geben; ferner in der Hochblattregion die aus dem Hochblattkranz unter dem kleinen gipfelständigen Blüthenköpfchen entspringenden Zweige der Dolde mit ihren weiteren gabeligen und wickeligen Auszweigungen, durch welche der reiche und schönzusammengesetzte Blüthenstand dieser Pflanze gebildet wird. Unter der Erde, in der Niederblattregion, findet man im Sommer zahlreiche, kleine, röthlichweisse Knöspchen; es sind die mit Niederblattbildung anhebenden, in der Entwicklung verzögerten Erhaltungs- und Erneuerungssprosse der Pflanze, bestimmt im nächsten Frühjahr aufzuschiessen und den Stock zu erneuern. Diesen nicht unähnliche Sprösschen finden sich aber endlich auch noch hin und wieder auf den der Oberfläche der Erde sich nähernden Zweigen der Wurzel, wo sie jedoch durch eigene Bewurzelung bald einen selbstständigen Charakter annehmen und früher oder später von dem Mutterstock getrennt werden, somit als Vermehrungssprosse oder Ableger erscheinen.

Digitized by Google

Alle diese Modificationen, in welchen die unwesentlichen Sprosse auftreten, stimmen darin überein, dass sie in grösserer oder geringerer Ausdehnung nur Wiederholungen dessen darstellen, was die Pflanze schon durch die wesentlichen Sprosse besitzt. Sie liegen ausserhalb der nächsten Linie zu Blüthe und Frucht, in verschiedener Höhe als unwesentliche Wiederholungslinien sich seitlich einsetzend. In manchen Fällen erscheint die An- oder Abwesenheit solcher Wiederholungssprosse auch wirklich als etwas Zufälliges und Gleichgültiges für die Pflanze, wie z. B. wenn der Tulpenstengel einen Zweig mit einer Seitenblüthe bekommt. Im Allgemeinen aber sind auch diese Wiederholungssprosse bedeutungsvoller und nöthiger für die Pflanze, als es scheinen möchte, so dass auch sie als in gewissen Beziehungen wesentlich betrachtet werden müssen, so namentlich in Beziehung auf Charakteristik und in Beziehung auf Oekonomie der Pflanzen.

Dass die Wiederholungssprosse charakteristisch sind, diess spricht sich im Allgemeinen durch ihren Einfluss auf die Tracht (Habitus) der Pflanzen, auf die Architektonik des Pflanzenstockes, sei es im Ganzen oder einzelner Theile desselben, wie namentlich des Blüthenstandes, aus. Gehen wir mehr ins Einzelne, so finden wir charakteristische Züge in der Anordnung und Richtung der Zweige, in den oft eigenthümlichen Blattstellungen und Blattstellungsanfängen der Zweige, den Wendungsgesetzen der Blattstellung am Zweiganfang, insonderheit in den bei symmetrisch sich gegenüberstehenden Zweigen eintretenden Gesetzen der Antidromie, in dem Verhalten der Tragblätter zu den Zweigen, namentlich den Verwachsungsverhältnissen beider u. s. f. Eine unendliche Mannigfaltigkeit schöner und wichtiger Charaktere würde völlig verloren gehen mit der Wegnahme der unwesentlichen Zweige; ja schon die blosse An- oder Abwesenheit gewisser Modificationen derselben, wie der unterirdischen oder oberirdischen Bulbillen *),

*) So in der Gattung Saxifraga; vergl. S. granulata und S. bulbifera.

Digitized by Google

der Stolonen*) über oder unter der Erde, mit oder ohne Knollenbildung, der Stachelzweige**) u. s. w. ist für die einzelne Pflanzenart charakteristisch. So müssen wir denn, trotz der Unterscheidung von wesentlichen und unwesentlichen Sprossen, anerkennen, dass von einem höheren Standpunkte aus alle Sprosse als wesentlich erscheinen. Wie es nicht die letzten Stufen der Metamorphose allein sind, in welchen das Leben seine Eigenthümlichkeiten offenbart, indem auch jede niedere Stufe eine besondere Seite des lebendigen Wesens herauswendet, so gehören auch unter den Sprossen nicht bloss die wegen ihrer Beziehung zur Erreichung des Ziels der Metamorphose als wesentlich bezeichneten, sondern auch alle übrigen in den Gesammtkreis derjenigen Bildungen, welche bestimmt sind das Wesen der Pflanze allseitig darzustellen, und können ohne wesentliche Beeinträchtigung der Charakteristik der Pflanze aus diesem Kreise nicht entfernt werden. Einige Beispiele mögen die Bedeutsamkeit der unwesentlichen oder Wiederholungssprosse für die Charakteristik der Pflanze noch anschaulicher machen.

Die eigenthümlichen Formen der Krone der Bäume, z. B. der Pyramidenpappel, der Cypresse, beruhen auf dem Verhältniss der Stärke und Richtung der Wiederholungssprosse zum Hauptspross oder Stamm des Baumes. Das Verhältniss der Anordnung tritt deutlich hervor bei vielen Nadelhölzern, wo die Wiederholungszweige nach Ueberspringung bestimmter Strecken, welche zweiglos bleiben, ziemlich regelmässige Quirle bilden. Bei Pinus sind die Strecken zwischen den grösseren quirlartig gestellten Zweigen von den kleinen (wesentlichen) nadeltragenden Zweiglein eingenommen. In höchst regelmässig geordneter Wechselfolge treten wesentliche und unwesentliche Sprosse bei der kleinen Kapuzinerkresse (Tropaeolum minus) auf, wo nach 3 Blüthensprossen immer wieder ein Laubspross folgt. Bei $^2/_5$ Stellung der

*) Vergl. die Gattungen Carex, Epilobium, Hieracium, Valeriana, Viola.

**) Vergl. Prunus, Pyrus, Crataegus, Rhamnus.

Digitized by Google

Blätter am Haupttrieb erhalten dadurch die Laubsprosse eine Anordnung nach $^2/_5$ in umgekehrter Richtung. Hier mögen auch die eigenthümlichen Fälle Erwähnung finden, wo bei mehrseitiger Richtung der Blätter die Zweige doch in zweizeiliger Anordnung erscheinen, indem nicht alle, sondern nur gewisse Blätter Zweige in ihren Achseln erzeugen, wie bei dem Lebensbaum (Thuja) und mehreren Astmoosen, z. B. Hypnum abietinum, delicatulum, tamariscinum etc. Es entstehen dadurch gefiederte Formen der Verzweigung, die häufig bei einem bestimmten Grade der Fiederung stehen bleiben, wie denn von den drei genannten Hypnum-Arten die erste einfach, die zweite doppelt, die dritte dreifach gefiedert ist. Bei den Schafthalmen sehen wir auch bei quirliger Stellung der Zweige einen bestimmten Grad der Verzweigung eingehalten*). Nimmt man einer solchen Pflanze die ihr charakteristischen Zweige, so wird der eigenthümliche Habitus derselben aufgehoben. Man denke sich z. B. eine Tamariske (Tamarix) ihrer zahlreichen kleinblättrigen Laubzweiglein beraubt, und die schönbuschige, tausendblättrige, pyramidale Staude wird zum einfachen, mageren, kahlen Reis, an dem die entferntstehenden, kleinen Blätter kaum sichtbar sind. Selbst Charaktere, die zur generischen Unterscheidung angewendet werden, können durch Wegnahme der unwesentlichen Zweige verschwinden. Alle Seitenährchen von Lolium und Triticum sind, da ein Gipfelährchen vorhanden ist, unwesentlich; allein mit ihrer Wegnahme geht der in dem verschiedenen Zweiganfang dieser Seitenährchen begründete Unterschied beider Gattungen völlig verloren. So wird auch einer der wichtigsten Unterschiede zwischen den Gattungen Festuca und Bromus durch das Verschwinden der Rispenzweige unmerklich, nämlich die Einseitswendigkeit der ersten Secundanzweige, welche hauptsächlich Festuca von Bromus unterscheidet. Am entschiedensten zeigen uns überhaupt die Blüthenstände, welche bedeutsame und wichtige Charaktere der Pflanzen

*) Vergl. Equisetum arvense und E. sylvaticum.

Digitized by Google

durch blosse Wiederholungssprosse ausgesprochen werden. Alle Blüthenstände, welche eine Gipfelblüthe besitzen, bestehen ja, die mit der Gipfelblüthe schliessende Hauptachse des Blüthenstandes ausgenommen, aus lauter Wiederholungssprossen, und doch welche Unterschiede, welche Mannigfaltigkeit in dem Bau dieser Blüthenstände! Welcher Unterschied z. B. zwischen der einfachen Traube des Menyanthes und der Berberis, der Dolde des Coriander's, der pyramidalen Rispe des Flieder's (Syringa) oder der Flammenblume (Phlox) und endlich der durch die starke Entwicklung der unteren Blüthenzweige ausgezeichneten Spirre der Hainsimse (Luzula) und der Ulmaria. Aber auch die wesentlichen Seitentheile der ähren- oder traubenartigen Blüthenstände können sich durch unwesentliche Sprossbildung aus den Vorblättern zu höchst charakteristischen Formen des Blüthenstandes entwickeln, z. B. zur Gabelform durch das Gleichgewicht eines homodromen und antidromen Sprosses, zur Schraubelform durch Vorherrschen des homodromen, zur Wickelform durch Vorherrschen des antidromen Sprosses. Alle diese so charakteristischen Formen sind durch blosse Aufeinanderfolge unwesentlicher Generationen gebildet, die nach bestimmten Gesetzen der Auszweigung auseinander hervorgehen und sich oft zu scheinbar fortlaufenden Achsen (Sympodien) innig verketten.

Eine andere Seite, nach welcher uns die früher als unwesentlich bezeichneten Sprosse in einem tieferen und wesentlichen Zusammenhang mit der Lebensgeschichte der Pflanze erscheinen, ist ihre Beziehung zur Oekonomie des Pflanzenlebens. Die Sprossbildung überhaupt, besonders aber die Bildung der unwesentlichen, zu den untersten Stufen der Metamorphose zurückkehrenden Sprosse giebt der Pflanze die Mittel sich an die verschiedenartigsten Verhältnisse anzuschmiegen, in Perioden anhaltender Kälte und Hitze, Nässe und Trockenheit, wie sie das Klima mit sich bringt, auszudauern, und vor dem Untergang in allen Fällen vereitelter Samenbildung zu schützen. Bei den mannigfaltigen Umständen, welche die Befruchtung vereiteln können, bei der auch noch nach geschehener Befruchtung leicht möglichen Verhinderung

Digitized by Google

der Samenbildung ist es, da das eigentliche Individuum der Pflanze (der einfache Spross) nur einmal blühen und Samen reifen kann, wichtig, dass der Pflanzenstock durch eine andere Art der Fortpflanzung, die Sprossbildung nämlich, die Fähigkeit hat das Blühen und Reifen zu wiederholen, sei es in derselben Vegetationsperiode, wodurch z. B. in jedem vielblüthigen Blüthenstand, bei der successiven Aufblühfolge der Blüthen, eine momentane Störung ihre Wirksamkeit auf das Ganze verliert, was besonders für einjährige Pflanzen von Wichtigkeit ist, oder sei es erst in einer nachfolgenden Vegetationsperiode. Der letztere Fall ist besonders für solche Pflanzen wichtig, welche in Folge der Einrichtung ihrer Befruchtungsorgane nur selten keimfähige Samen tragen, wie diess bei den meisten Orchideen der Fall ist, so wie für solche, welche durch ihr Vorkommen oft lange Zeit zu blühen verhindert sind, wie diess bei manchen Wasserpflanzen bei anhaltend hohem Wasserstande der Fall ist. So erhält und vermehrt sich Litorella lacustris, welche unter Wasser niemals Blüthen bringt, im Grunde der Schwarzwaldseen von Jahr zu Jahr durch seitliche Ausläufer und nur in den trockensten Jahren, wie sie kaum in Jahrzehnten wiederkehren, gelangt sie durch den Rücktritt des Wassers zur Blüthe. Ebenso erhalten sich viele Nemoralpflanzen, wie z. B. der Waldmeister, wenn der Schatten des Waldes zu dicht wird, oder auch, wenn eine zu grosse Lichtung des Waldes ihr überirdisches Gedeihen stört, viele Jahre lang ohne zu blühen durch unterirdische Ausläufer, auf die Wiederkehr einer ihrem Gedeihen günstigeren Zeit von Generation zu Generation harrend. Die bekannte Erscheinung, dass im höheren Norden und auf den Alpen die einjährigen Pflanzen fast ganz verschwinden, verdient hier gleichfalls angeführt zu werden, indem sie zeigt wie in dem Maasse als die Samenreife durch die Kälte gefährdet wird, eine der Ausdauer durch die kalte Jahreszeit angemessene Sprossbildung aushelfend eintritt. Von besonderer Bedeutsamkeit endlich ist die Sprossbildung für die Bastardpflanzen, welche in der Regel nur durch natürlich oder künstlich abgelegte Sprosse erhalten und vermehrt werden können. Die häufige

Digitized by Google

Erfahrung, dass Bastarde ein- oder zweijähriger Pflanzen, z. B. die Bastarde aus der Gattung Verbascum*), durch fortgesetzte Sprossbildung aus dem alten Stocke eine vieljährige Dauer bekommen, ist ein sprechender Beweis für das Eintreten der Sprossbildung in Fällen erschwerter oder unmöglicher Fortpflanzung durch Samen, indem in diesem Falle nicht bloss eine im früher bezeichneten Sinne unwesentliche, sondern eine ganz ausserordentliche, den Aeltern des Bastardes völlig fehlende Sprossbildung die längere Erhaltung der Bastardform bewerkstelligt.

An diese Andeutungen über den Zusammenhang der unwesentlichen Sprosse mit der Oekonomie des Pflanzenlebens schliesst sich auch noch die Betrachtung einiger Fälle an, welche die Schärfe der früheren Unterscheidung vollends aufheben, indem sie, als Uebergangsfälle, eine doppelte Auffassung zulassen. Gegenüber den wesentlichen Sprossen, welche, als bestimmte Reihe untergeordneter Generationen, in welchen die Metamorphose der Pflanze zum Ziel geführt wird, der Zahl nach fest bestimmte Achsensysteme darstellen, mit jedem folgenden etwas Neues bringend, haben wir die unwesentlichen Sprosse als ausser der Reihe liegende, der Zahl nach unbestimmte Wiederholungsgenerationen bezeichnet. Allein es giebt auch Fälle von wirklichen Wiederholungsgenerationen, welche nicht ausser der Linie liegen, sondern in die Reihe der zur Erreichung des Ziels nothwendigen Durchgangsgenerationen gehören. Hieher gehören die schon oben**) angedeuteten Erstarkungsgenerationen vieler ausdauernder Gewächse, welche in der Generation des ersten Jahres noch zu schwächlich sind um Blüthe und Frucht zu bringen. Die Erstarkung zur Fruchtbarkeit kann entweder schon in der nächstfolgenden, der ersten im Wesentlichen sonst gleichen oder nur durch ein Rückgreifen zur Niederblattbildung von ihr abweichenden Generation,

*) Ich habe diese Erscheinung auch an dem in der Freiburger Flora nicht selten vorkommenden Bastard von Oenothera biennis und muricata beobachtet.

**) Siehe p. 32, 33.

Digitized by Google

somit, wenn jede Generation für die Dauer eines Jahres bestimmt ist, im zweiten Jahre eintreten, oder es können sich mehr oder weniger zahlreiche und dann an Zahl meist nicht genau bestimmte, im Wesentlichen völlig gleiche Generationen folgen, bis endlich das Alter des Stockes erreicht ist, in welchem zur Blüthenbildung fortgeschritten wird. Der letztere Fall findet sich namentlich häufig bei Bäumen, und zwar am deutlichsten bei solchen, welche keine Gipfelknospen besitzen, also im strengsten Sinne mit jedem neuen Jahre eine aus lauter neuen Individuen (lauter Seitenknospen) bestehende Generation entfalten. Drei sehr verschiedene, aber in dem hier berührten Verhältniss übereinstimmende Beispiele, die Spargel, die Linde und die Rebe, mögen hier zur Erläuterung etwas genauer betrachtet werden.

Die Spargel (Asparagus officinalis) ist von anderen schon früher berührten Stauden, welche erst durch Erstarkungsgenerationen zur Blüthe kommen, dadurch abweichend, dass sie in einem und demselben Jahr mehrere Erstarkungsgenerationen hervorbringt, und zwar schon im ersten Jahre 3 — 4, während in den folgenden Jahren die Zahl der in einem Sommer einander entsprossenden Generationen auf 8 — 10 ansteigt. Die einzelnen Spargelschosse sind nämlich wirklich ebensoviele successive Generationen und nicht, wie es scheinen könnte, coordinirte Glieder einer und derselben Generation, indem der horizontale Wurzelstock keine continuirliche Achse, sondern ein Sympodium ist, gebildet aus der Verkettung der Basilarstücke der einzelnen Schosse selbst. Jeder folgende Schoss, aus der Achsel des zweiten, subbasilären und unter der Erde versteckten Niederblattes des vorausgehenden entspringend, verhält sich dabei antidrom gegen den vorausgehenden, wie die aufeinanderfolgenden Blüthen wickelartiger Blüthenstände. Von dem ersten, aus dem Samen entspringenden Schosse an, welcher von allen der schwächste ist, und den zweiten, schon etwas stärkeren, aus der Achsel des ersten Blattes nach dem Cotyledon emporsendet, nehmen nun die auf oben beschriebene Art in Wickelfolge auseinander hervorgehenden Schösslinge an Stärke zu bis ins 4. oder 5. Jahr, wo die Spargel ihre

Digitized by Google

vollkommene Kräftigkeit erreicht hat, sich dann ungefähr 15 Jahre lang ziemlich gleich bleibt, und in höherem Alter endlich wieder mehr und mehr an Stärke abnimmt. Es findet dabei noch eine untergeordnete Schwankung statt, indem die letzten Schosse jedes Jahres an Stärke etwas herabsinken. Die Schosse des ersten und oft noch die des zweiten Jahres sind unfruchtbar, indem die Spargel meist erst im dritten Jahre Blüthe bringt. Da im ersten Jahre 3 — 4, im zweiten 5 — 6 Schosse erzeugt werden, so bedarf die Spargel also eine Folge von 8 — 10 Generationen um bis zur Tragbarkeit zu erstarken. Alle Generationen, sowohl die früheren unfruchtbaren, als die späteren fruchtbaren sind übrigens im Wesentlichen gleich. Der erste Schoss trägt nach dem Cotyledon noch ein basiläres, unterirdisches, umfassendes Scheidenblatt, dann am aufschiessenden Stengel entfernte, kleinere und schmälere schuppenartige Blätter, welche man für Hochblätter halten möchte, wenn sie nicht besser auch noch zur Niederblattformation gerechnet würden, da erst in ihren Achseln die nadelförmigen, blattlosen Zweiglein entspringen, welche hier, wie bei Ruscus, die Stelle der Laubblätter vertreten. Der Schoss zeigt uns somit zwei wesentliche Achsen, die Hauptachse mit zwei Abstufungen der Niederblattbildung, und die blattlosen Seitenzweiglein, welche die Laubformation repräsentiren und meist durch ähnliche (unwesentliche) an ihrer Basis bereichert sind, wodurch die büschelige Stellung dieser letzten Zweiglein entsteht. Diese 2 wesentlichen Achsen wiederholen sich an allen folgenden Schossen, nur immer kräftiger und reicher durch vermehrte Zahl der Blätter an der Hauptachse und durch das Auftreten von unwesentlichen Seitenzweigen, welche den oberen Theil der Hauptachse wiederholen und endlich, bei den kräftigsten Schossen, selbst wieder Seitenzweige zweiten, dritten, ja selbst vierten Grades hervorbringen, wodurch der stattliche rispenartige Wuchs der Spargel entsteht. Die wesentlichen Achsen werden durch diese Bereicherung nicht vermehrt bis die Blüthe, welche zu beiden Seiten aus der Basis der Zweige entspringt, als dritte wesentliche Sprossbildung der Spargel auftritt. Der tragbare Schössling der Spargel hat somit 3

Digitized by Google

verschiedenartige und wesentliche Achsensysteme oder Sprossgenerationen, aber er selbst, als Ganzes, tritt erst nach einer Reihe ihm ähnlicher, aber unfruchtbarer Generationen auf, welche zwar nur Wiederholungen des Gleichen, aber dennoch nothwendige Vorbereitungs- und Durchgangsglieder sind.

Wie der Wurzelstock der Spargel, so ist auch der Stamm der Linde ein Sympodium, indem die Linde, vom ersten Jahrestrieb des keimenden Baumes an, niemals Gipfelknospen hervorbringt, sondern aus der obersten Seitenknospe den Stamm von Jahr zu Jahr fortbaut. Die Linde wächst, aus Samen gezogen, nur sehr langsam heran und muss wohl gegen 30 Jahre alt werden, bis sie die ersten Blüthen trägt; die Zahl der nothwendigen Erstarkungsgenerationen ist somit hier eine bedeutende. Ist das tragbare Alter erreicht, so erscheint die Blüthe an der blühreifen Generation als drittes Achsensystem, indem sie aus der Achsel des flügelartigen ersten Blattes der Seitenknospen entspringt.

Complicirter erscheint das Verhältniss der Erstarkungsgenerationen bei der Weinrebe. Die keimende Rebe treibt nach 2 kleinen, laubartigen Keimblättern einen schwachen, kaum handhochen, aufrechten Schoss mit 7 — 10, selten zahlreicheren Laubblättern, welche spiralig nach $^2/_5$ oder $^3/_7$ geordnet sind. Wahrscheinlich tritt an der Spitze kräftiger Sämlinge schon eine schwächliche Rankenbildung und über diese hinaus eine scheinbar direkte Fortsetzung aus dem obersten Laubblatt, wie wir sie an den Trieben der folgenden Jahre genauer werden kennen lernen, ein, doch erhält dieser ganze oberste Theil jedenfalls nur eine geringe Entwicklung und stirbt an der Spitze mit eintretendem Winter ab *). Dieser erste Hauptspross des

*) Leider stehen mir gegenwärtig keine Sämlinge von Reben zu Gebot. An den früher beobachteten habe ich keine Rankenbildung bemerkt, habe dieselbe aber an Wurzelsprossen, welche sich in der spiraligen Anordnung der Blätter und anderen Beziehungen ganz wie Sämlinge verhielten, gesehen. Von diesen sind auch die Angaben über das Verhalten der Seitenachsen im ersten und zweiten Jahre entnommen.

Digitized by Google

Geitzen der Rebe, welche wir am erstjährigen Haupttriebe in noch fast unkenntlichem Entwicklungszustand getroffen haben. Sie bilden die zweite jährliche Generationsreihe und unterscheiden sich von den Lotten dadurch, dass ihr Grundspross constant nur ein Niederblatt und nur 2 Laubblätter besitzt. Obgleich alle Geitzen von gleicher Beschaffenheit sind, so sind die Geitzen doch ihrer Entstehung nach von zweierlei Art, theils nämlich primäre Achselsprosse (diejenigen aus der Achsel des unteren Laubblattes der zweiblättrigen Glieder der Lotte); theils secundäre (accessorische) Achselsprosse (diejenigen aus der Achsel des oberen Blatts der zweiblättrigen und des einzigen Blatts der einblättrigen Glieder der Lotte). An den zweiblättrigen Gliedern der Lotte verhält sich also der Secundärspross aus der oberen Blattachsel wie der Primärspross aus der unteren, wogegen derselbe von dem Primärspross aus der oberen wesentlich verschieden ist, denn der Primärspross (der die Lotte fortsetzt) setzt sich ohne Niederblatt und ohne Prosenthese ein, der Secundärspross (der die Geitze bildet) beginnt mit Niederblatt und mit Prosenthese. Die Lotten wachsen den ganzen Sommer hindurch, oft bis in den späten Herbst hinein, fort, eine ihrer Natur nach endlose Kette bildend, die nur durch den Eintritt des Winters gewaltsam abgebrochen wird. Ich habe an starken Lotten bis auf 26 constituirende Glieder (somit 26 Ranken und ungefähr 40 Blätter) gezählt. Auch die Geitzen sterben im Winter an der Spitze ab, ja die nur schwach und spät entwickelten oft bis zur Basis, so dass nur das Niederblatt mit seiner Achselknospe bleibt. Dieser unterste Theil der Geitze ist von besonderer Wichtigkeit. In der Achsel des basilären Niederblattes am Grundspross der Geitze bildet sich nämlich (wie schon oben beim Verhalten im ersten Jahre angegeben) eine Knospe, die selbst mit 2 fest anschliessenden Niederblättern beginnt, und im geschlossenen Zustand den Winter über verharrt. Diese ruhende Knospe ist es, aus welcher im nächsten Jahre die Generationsreihe der Lotten- und indirekt die der Geitzenbildung sich wiederholt. Sie ist also zunächst Lottenknospe, und, wenn die Rebe das gehörige Alter erreicht hat, was gewöhnlich im fünften oder sechsten

Digitized by Google

Jahre eintritt, zugleich Tragknospe, denn die Blüthenbildung erscheint am unteren Theile der Lotten an der Stelle der früheren Rankenbildung. In diesem Fall treten dann statt des einzigen Hochblatts der Ranke zahlreiche Hochblätter auf, und die Achse schliesst mit Gipfelblüthe; durch abgestufte Zweigbildung aus den Achseln der Hochblätter entsteht sofort die reiche Blüthenrispe der Rebe, die, im Widerspruch mit dem botanischen Sprachgebrauch, gewöhnlich „Traube" genannt wird.

Suchen wir in dieser complicirten Lebensgeschichte der Rebe, von der hier nur die gröbsten Züge dargestellt werden konnten, die wesentlichen und unwesentlichen Sprosse zu scheiden, so könnten wir versucht sein, in der wiederholten Folge nicht bloss einfacher Generationen, sondern selbst ganzer Generationsketten, wie sie als Geitzen und Lotten auftreten, lauter wesentliche Sprossordnungen zu erblicken, weil dieselben nothwendige Durchgangsglieder zur Erreichung von Blüthe und Frucht sind; fassen wir jedoch die wesentliche Sprossfolge in der früher erörterten Weise als eine Reihe einseitig begabter, sich gegenseitig ergänzender Sprosse auf, so müssen wir vielmehr anerkennen, dass die Rebe wesentlich nur einachsig ist, indem sie alle wesentlichen Stufen der Metamorphose an einer Achse hervorbringt, wie wir diess an dem Grundspross der fruchtbaren Lotte, welcher Niederblatt-, Laub-, Hochblatt- und Blüthenbildung umfasst, dargestellt sehen. Alle übrigen Glieder der Sprossfolge sind theils vorbereitende, das Ziel nicht völlig erreichende Darstellungen derselben Formationsreihe, theils unvollständige Wiederholungen derselben. Allein wie charakteristisch ist diese vielfach anhebende und wiederholende, zur complicirten Sprossfolge sich gliedernde Entwicklungsgeschichte der Rebe, und wie wesentlich bedingend für die ganze Lebens- und Wachsthumsweise derselben! Vergleicht man freilich die bei uns üblichen, den Weinstock durch systematische Verkrüppelung unseren Verhältnissen anpassenden Kulturmethoden, so möchte man sich wundern über die Menge des Ueberflüssigen, das die Rebe jahrlich hervorbringt. Da werden die Geitzen sorgsam ausgebrochen und die langen üppigen

Digitized by Google

zum Anfang seiner Aufgabe zurück, sich selbst in wiederholtem Aufschwung erneuernd und verjüngend, das zurückgelassene Produkt der früheren Wachsthumsperiode aber der Veraltung Preis gebend. Solche Verjüngung des Sprosses selbst hat grosse Aehnlichkeit mit der Verjüngung durch Bildung neuer Sprosse, ja vom physiologischen Gesichtspunkt und in Beziehung auf den Lebenshaushalt der Pflanze haben beide Verjüngungsarten die gleiche Bedeutung. Beide stehen in gleicher Weise in Verhältniss zur Periodicität der Jahreszeiten, in beiden Fällen zeigt sich die gleiche Selbstständigkeit der Neubildung zu den vorausgehenden Bildungen. Wie bei der Bildung von Seitensprossen der Hauptspross, von dem sie ausgehen, entweder zu Grunde geht (Solanum tuberosum, Saxifraga granulata), oder zum bloss tragenden und dienenden Gerüste, gewissermaassen zum Boden für die neue Generation wird, so finden wir diese zwei Fälle auch bei der Verjüngung des Sprosses selbst wieder, indem der vorausgehende Theil des Sprosses bald abstirbt, bald zum Träger der verjüngten Fortsetzung wird. Das erstere zeigen uns alle von hinten her absterbenden Wurzelstöcke *), sowie die von aussen her absterbenden, im Centrum aber sich verjüngenden Zwiebeln **); das letztere sehen wir namentlich an den Holzgewächsen, welche Gipfelknospen besitzen. In morphologischer Beziehung dagegen ist zwischen den beiden hier verglichenen Fällen darin ein wesentlicher Unterschied, dass in dem einen Falle die erneute Lebensbewegung von wirklich neuen Individuen (Seitensprossen) übernommen wird, während im anderen Falle die gleichen Individuen (die alten Sprosse) zu neuer Lebensbewegung auferstehen, auf welchen Unterschied schon oben bei der einleitenden Betrachtung der Knospen

*) Anemone nemorosa, Epimedium alpinum.

**) z. B. Narcissus. Ein besonders schönes Beispiel dieser Art bieten die auf dem Lande wachsenden Isoëtes-Arten, namentlich J. Hystrix und Duriaei. Vergl. meine Beschreibung derselben in der Exploration scientifique d'Algerie.

Digitized by Google

aufmerksam gemacht wurde *). Es haben übrigens nicht bei allen Pflanzen diejenigen Sprosse, welche nicht zu den obersten Stufen fortzuschreiten vermögen, die Fähigkeit der Verjüngung durch Rückkehr zu einer niederen Bildungsstufe, d. i. die Fähigkeit eine für die folgende Vegetationsperiode bestimmte Gipfelknospe zu bilden, es ist dies vielmehr eine Bevorzugung nur weniger Stauden mit unterirdisch perennirenden Stöcken und eines Theiles der Holzgewächse **). Unter denjenigen, welche diese Fähigkeit besitzen, sind selbst wieder zwei Fälle zu unterscheiden: entweder der Spross dringt nach mehrjährigem Schwanken, gleichsam nach wiederholtem Anlauf, zum Ziele durch und beschliesst alsdann sein Wachsthum, oder er sinkt ins Endlose nach jedem neuen Aufschwung wieder zurück. Beide Verhaltungsweisen sind nicht bloss unter den Holzgewächsen, sondern auch unter Stauden und Zwiebelgewächsen repräsentirt. Bei Quercus, Fagus, Populus, Xylosteum, Camellia kehren alle Laubsprosse an der Spitze auf Niederblattbildung zurück, im folgenden Frühjahr mit neuem Laubtrieb aus der Gipfelknospe sich fortsetzend. Sie haben dadurch die Fähigkeit unendlichen Fortwachsens, das zwar auf dem alten Baum zuletzt seine Hindernisse findet, durch Ablegung von Steck- und Pfropfreisern aber sich bewährt. Betrachten wir im Vergleiche mit diesen Acer, Aesculus, Juglans, Rhododendron, so finden wir während einer kürzeren oder längeren Reihe von Jahren dasselbe Verhalten, endlich aber, wenn das Wachsthum sich hinreichend über die Erde erhoben hat, der Trieb durch wiederholte periodische Erneuerung hinreichend erstarkt und ermässigt ist, kehrt er nicht wieder zur Niederblatt-

*) Unterschied von Seitenknospen und Gipfelknospen p. 21 — 23.

**) Gipfelknospenbildung fehlt z. B. dem laubtragenden Hauptspross von Urtica urens und Mercurialis annua; da diese Pflanzen auch keine ruhenden Seitenknospen besitzen, so sterben sie nach vollendeter Fruchtreife ganz ab. Urtica dioica und Mercurialis perennis sterben nur bis zur Niederblattregion ab, aus welcher den Winter überdauernde Niederblattsprosse entspringen. Beispiele von Holzgewächsen ohne Gipfelknospen sind Carpinus, Salix, Ulmus, Morus, Maclura, Tilia, Diospyros, Calycanthus.

Digitized by Google

blätterweise abstösst. Auch die alten Wurzelkreise werden abgeworfen und durch neue ersetzt. Auf andere Art verhält sich die Tulpe. Während bei der Narzisse die Blüthe als Seitenspross entsteht, schiesst bei ihr das Herz der Zwiebel selbst nach meist 3 ringsum geschlossenen Niederblättern zum Laub- und Blüthenstengel auf. Allein ehe diess geschieht schwankt die Entwicklung mehrere Jahre lang zwischen Niederblatt- und Laubbildung, jährlich nur ein Laubblatt über die Erde sendend und dann im Centrum wieder zu Niederblattbildung zurückkehrend. Es kommt dabei häufig der merkwürdige Fall vor, dass bei noch nicht blühreifen Zwiebeln die Centralknospe der Zwiebel in einen aus der sie einschliessenden Basis des vorausgehenden Laubblattes gebildeten absteigenden Sporn hinabsinkt, die alte Zwiebel auf diese Weise verlassend und tiefer in den Schooss der Erde sich versenkend *).

Weit seltener als das periodische Zurücksinken von der Laub- zur Niederblattformation ist eine Rückkehr zur Laub- oder gar Niederblattbildung von der Hochblattformation aus. Die Ananas bietet ein normales und allbekanntes Beispiel für diesen Fall, indem sie an der Spitze des Blüthenstandes zur Laubbildung zurückkehrt, in der sogenannten Krone sich vollständig verjüngend und, nach Abnahme und Pflanzung derselben, im dritten Jahre von Neuem Blüthe und Frucht treibend. Dieselbe Erscheinung zeigen die neuholländischen Myrtaceen-Gattungen Melaleuca, Callistemon, Beaufortia, Calothamnus, deren bürstenartige Aehren eben der Rückkehr zur Bildung eines Laubtriebes aus dem Ende der Hochblattregion ihre sonderbare Durchwachsung verdanken. Dass die sogenannten viviparen Gräser, z. B. Poa bulbosa und P. alpina, welche in vielen Gegenden nur in diesem Zustande vorkommen, sich der Ananas ähnlich verhalten, könnte als paradox

*) Eine genauere Beschreibung dieser sonderbaren Erscheinung ist hier nicht am Ort. Die Darstellung derselben von Henry, Act. Nat. Cur. Vol. XXI. P. I. lässt noch einige Fragen zurück, die ich bei anderer Gelegenheit aufnehmen werde.

Digitized by Google

erscheinen, allein auch hier ist es ja die Hochblattregion, von welcher aus ein Rückschritt zur Laubregion gemacht wird*); auch lösen sich die dadurch entstehenden Laubschöpfe in der Folge ab, um als selbstständige Stöcke die aufsteigende Entwicklung von Neuem zu beginnen. Das Verhalten dieser Gräser ist übrigens nicht das normale der Species, sondern eine zur Varietät gewordene Monstrosität. Als mehr zufällige Monstrosität kommen Laubschöpfe an der Spitze von Blüthenständen nicht selten vor, ich habe sie namentlich sehr schön bei Plantago lanceolata gesehen, wo der Laubschopf am Ende der Aehre sich wieder zum vollkommenen Stock ausbildete. Ja selbst bei Blüthen kommt eine solche Rückkehr als Missbildung noch vor; die durchwachsenen Rosen, die durchwachsenen Gipfelblüthen von Digitalis purpurea monstrosa**) sind in den Gärten bekannte Beispiele hiefür. Als eine normal durchwachsende, von der (freilich sehr unvollkommenen) Fruchtblattbildung zur Niederblatt- und Laubbildung zurückkehrende Blüthe lässt sich der weibliche Schopf oder Zapfen von Cycas betrachten. Vor dem blühreifen Alter wechselt bei Cycas in regelmässiger Folge ein Gürtel schuppenartiger Niederblätter und ein Gürtel gefiederter Laubblätter, welche letzteren die jedesmalige Krone des Baums bilden. Dieser Wechsel hat, wenigstens in unseren botanischen Gärten, eine zweijährige Periode, so dass alle 2 Jahre die Laubkrone sich verjüngt. Mit dem Eintritt des fruchtbaren Alters wird dieser Wechsel complicirter; es folgen sich nämlich: 1) ein Niederblattgürtel (vor Entfaltung der folgenden Theile eine grosse, kurzkegelförmige Gipfelknospe bildend); 2) ein Laubgürtel; 3) abermals ein Niederblattgürtel; 4) ein Gürtel spatelförmiger samentragender Blätter (Fruchtblätter), anfangs zapfenartig zusammengelegt, später sich ausbreitend. Im Centrum dieses, die weibliche Blüthe vorstellenden Schopfes oder Zapfens

*) Die untersten Spelzen der Aehrchen sind dabei meist unverändert, ja manche haben noch Blüthen in ihren Achseln. Vergl. Mohl, bot. Zeit. 1845. p. 33. T. I. f. 2

**) Siehe Flora 1844 Nro. 1. t. 1.

Digitized by Google

Worts vor, indem hiebei mit jedem neuen Aufschwung das alte Wesen der Pflanze nicht in bloss wiederholter alter Form, sondern durch tiefer gefasste Erneuerung, in vollkommnerer und ausdrucksvollerer Gestalt erscheint. Diess ist es, was man seit Göthe*) die Metamorphose der Pflanze genannt hat, eine von der Verwandlung der Insekten entlehnte Bezeichnung, welche zwar zu irrigen Ansichten Anlass gegeben hat**), aber auch geeignet ist einer tieferen Auffassung der Erscheinung zu Grunde gelegt zu werden. Göthe selbst, obgleich seine Metamorphosenlehre mit mancherlei unklaren Elementen vermischt ist, hat die tiefere Seite derselben vielfach angedeutet. Er spricht von der Metamorphose der Pflanzen nicht bloss als von einer Reihe äusserer Uebergangserscheinungen zwischen den verschiedenen Gebilden, sondern als von einem inneren Princip des von einer Gestaltungsmodification zur anderen fortschreitenden Bildungsprozesses. Die Metamorphose ist ihm die Kraft, welche sich von den ersten Samenblättern bis zur letzten Ausbildung der Frucht immer stufenweise wirksam bemerken lässt, und durch Umwandlung einer Gestalt in die andere, gleichsam auf einer geistigen Leiter, zum Gipfel des Pflanzenlebens hinaufführt***). Die geistige Leiter, welche Göthe in der Metamorphose der Pflanze erblickt, ist ein sprechender Beweis seiner tieferen Auffassung derselben, denn das was den Bildungsprozess der Pflanze von einer Stufe zur anderen leitet, was die Stufen zur Leiter vereinigt, was jede folgende Stufe, obgleich getrennt von der vorausgehenden, doch als Umwandlungsstufe derselben erscheinen lässt, kann eben wirklich nur ein Inneres und Geistiges sein. Nur die in allem Wechsel der Darstellung innerlich eine Natur der Pflanze kann uns berechtigen, in der

---

*) Versuch die Metamorphose der Pflanze zu erklären. Gotha 1790.

**) Dass Göthe selbst von der unrichtigen Ansicht, als ob ein Pflanzentheil in den andern, z. B. Staubfaden in Blumenblatt oder Fruchtknoten in Laub, sich wirklich verwandeln können, nicht frei ist, ist schon aus §. 1 seiner Einleitung zu ersehen.

***) Vergl. Göthe l. c. §. 6.

Digitized by Google

Stufenreihe fortschreitender Verjüngungen wirklich eine Metamorphose, d. h. eine Verwandlungsgeschichte der wesentlich gleichen Grundlage zu erblicken. In diesem Sinne spricht Göthe auch von der geheimen Verwandtschaft der verschiedenen äusseren Pflanzentheile, andeutend, dass eben nur aus dem inneren Zusammenhang des Stufenganges der Metamorphose und nicht aus bloss äusserer Aehnlichkeit auf die wirkliche Identität der auf verschiedenen Stufen sich entsprechenden Organe geschlossen werden kann.

Auf die grossen Schwingungen der Metamorphose, die wir hier zunächst betrachten, hat Göthe bereits hingewiesen, indem er von einem Wechsel der Ausdehnung und Zusammenziehung in den aufeinanderfolgenden Blattformationen spricht*). Es ist diess eines der bedeutendsten Momente in seinem Versuch die Metamorphose der Pflanze zu erklären, dessen genauere Erörterung uns jedoch nöthigt einen kurzen Blick auf die Reihe der Blattformationen selbst zu werfen. Die Metamorphose der Pflanze zeigt uns drei grosse Hauptabschnitte: 1) den Pflanzenstock oder, wie man es bei nicht holzigen Pflanzen nennt, das Kraut; 2) die Blüthe; 3) die Frucht. Die zwei ersten Abschnitte gliedern sich selbst wieder in je 3 Stufen, während der dritte Hauptabschnitt keine weitere Abtheilung mehr erleidet. So entsteht aus 3 + 3 + 1 die Siebenzahl der Bildungsstufen der Pflanze. Der Charakter dieser 7 Abschnitte oder Regionen spricht sich hauptsächlich in der stufenweisen Andersgestaltung des Blattes aus, während der Stengel an der allgemeinen Umgestaltung von Stufe zu Stufe einen zwar auch bedeutenden, aber weniger auffallenden Antheil nimmt. Wir wollen desshalb die Stufen

*) Göthe l. c. 73. „Vom Samen bis zur höchsten Entwicklung des Stengelblattes bemerkten wir zuerst eine Ausdehnung, darauf sahen wir durch eine Zusammenziehung den Kelch entstehen, die Blumenblätter durch eine Ausdehnung, die Geschlechtstheile abermals durch eine Zusammenziehung, und wir werden nun bald die grösste Ausdehnung in der Frucht und die grösste Concentration im Samen gewahr werden. In diesen 6 Schritten vollendet die Natur unaufhaltsam das ewige Werk der Fortpflanzung der Vegetabilien . . .“

Digitized by Google

der Metamorphose hier vorzugsweise an dem Verhalten des Blattes, wie wir es auf den verschiedenen Höhen der Pflanze finden, betrachten, die wesentlicheren Abstufungen, welche sich unterscheiden lassen, als ebensoviele Blattformationen bezeichnend. Es sind deren im Allgemeinen, wie schon angeführt, 7, welche freilich nicht bei jeder Pflanze vollständig dargestellt erscheinen, indem die Zahl derselben theils durch mangelhafte Differenzirung, theils durch Nichterreichung oder Ueberspringung vermindert sein kann.

1) Formation der Niederblätter, wohin die Schuppen und Scheidenblätter unterirdischer und überirdischer Knospen, Zwiebeln, Ausläufer und knollenartiger Rhizome gehören. Sie zeichnen sich durch breite Basis, geringe Höhe und höchst einfache Gestalt und Berippung*) aus; sie sind ohne Spreitung, ohne Stielbildung, ohne Theilung**), daher auch nie mit Nebenblättern versehen und stets ganzrandig. Ihre Consistenz ist oft fleischig, knorpelig oder lederartig, selten sind sie zart-membranös, in welchem Falle die Achse, welche sie trägt, meist fleischig ist; ihre Farbe ist nie entschieden grün, meist weisslich, ins Gelbe, Fleischrothe, Bräunliche, selbst ins Schwarze übergehend. Ihre Ausbildung geht langsam vor sich; sie sind ziemlich dauerhaft und ihre hauptsächliche Lebenszeit fällt in den Winter.

2) Formation der Laubblätter. Es sind diess die vorzugsweise und gewöhnlich schlechthin „Blätter" genannten Theile, durch welche der Pflanzen-

---

*) Sie sind auch bei dicotyledonischen Pflanzen meist streifenrippig, und wenn bei den Monocotyledoneen auch die Laubblätter streifenrippig erscheinen, so ist diess eben ein Zeichen, dass bei ihnen die Laubbildung weniger charakteristisch entwickelt, daher der Niederblattbildung noch ähnlicher ist als bei den Dicotyledoneen.

**) Eine Ausnahme hievon bilden die in 2 getrennte Schuppen zerfallenden Niederblätter der Knospen einiger Laubhölzer, z. B. Betula, Carpinus, Corylus, Fagus, Quercus. Es lässt sich diese Bildung als ein Uebergang zur Laubbildung betrachten, indem hier das Blatt in 2 Nebenblätter und ein nicht zur Entwicklung kommendes Mittelblatt zerfällt. Bei Quercus sind die 2 ersten Knospenschuppen noch ungetheilt. Dargestellt finden sich diese Verhältnisse in Döll, zur Erklärung der Laubknospen der Amentaceen. 1848.

Digitized by Google

stock am meisten charakterisirt ist. Stärkere Längenentwicklung bei weniger breiter Basis, im Allgemeinen bedeutendere Grösse und die, wenn auch manchmal verhüllte, doch nie fehlende grüne Farbe unterscheiden sie leicht von den Blättern der vorausgehenden Formation. Was sie besonders bezeichnet ist die Spreitenbildung, mit welcher gewöhnlich ihr Gegentheil, die Stielbildung, verbunden ist. Durch mannigfache Wechselverhältnisse von Ausdehnung und Einziehung entsteht die so häufige Bildung getheilter und zusammengesetzter Laubblätter, wohin als besonderer Fall auch die Theilung in Mittelblatt und Nebenblätter (stipulae) gehört. Der Mannigfaltigkeit der Umrisse entspricht auch die Mannigfaltigkeit der Berippungsverhältnisse innerhalb der Blattfläche. Die Consistenz ist meist stark-häutig, oft lederartig, seltener fleischig; die Hauptlebenszeit fällt in den Sommer; die Dauer, besonders bei fleischiger und lederartiger Beschaffenheit, ist beträchtlich.

3) Formation der Hochblätter, wohin die Hüllblätter und gemeinsamen Kelche der Blüthenstände, die Bracteen und Bracteolen, Spelzen und Spreublätter, welche die Blüthen begleiten, gehören. Sie sind den Niederblättern wieder ähnlich, indem die Stiel- und Spreitenbildung, so wie die grüne Farbe, mehr oder weniger, meist vollständig, verschwinden*). Sie unterscheiden sich von den Niederblättern hauptsächlich durch Schmalheit der Basis, zärteren Bau, schnelle Bildung und schnelles Ableben.

4) Formation der Kelchblätter. Sie bilden die erste eigene Hülle der Blüthe, sind wieder massiger, derber, grüner als die Hochblätter, haben meist breitere Basis, keine oder nur geringe Spreitung, keine Stielbildung, keine oder nur schwache Theilung**). Sie sind meist dauerhafter, als die

---

*) Gestielte Hochblätter sind eine Seltenheit (z. B. bei Podolepis); häufiger tritt eine Stielbildung oberhalb des scheidenartigen Blatttheiles ein, wie z. B. bei der Grannenbildung der Grasspelzen.

**) Kelchblätter mit Fiederblättchen (Rosa), mit Nebenblättern (Peganum), oder mit Ligularbildung (Mesembrianthemum) sind seltene Ausnahmen.

Digitized by Google

folgenden Formationen der Blüthe, indem sie häufig die Blüthe überdauern und oft an der Fruchtbildung Theil nehmen.

5) Formation der Blumenblätter, auffallend charakterisirt durch Zartheit des Gewebes, Schönheit und Mannigfaltigkeit der Farben, mit Ausschluss jedoch der grünen. Sie sind in der Regel länger als die Kelchblätter, aber mit schmalerer Basis versehen; zeigen meist starke Spreitung, aber keine entschiedene Stielbildung, oft strahlige oder gabelige aber höchst selten fiederspaltige *) Theilung. Auf der Oberfläche des Blumenblatts kommen zuweilen spreitenverdoppelnde Auswüchse (Emergenzen) vor, wodurch sogenannte Nebenkronen entstehen, wie bei Narcissus, Nerium, Lychnis, oder längslaufende Flügelleisten, wie bei Saponaria, Agrostemma und den Hydrophylleen.

6) Formation der Staubblätter, die kleinsten und sonderbarsten Blätter der Blüthe begreifend, charakterisirt durch entschiedene Stielbildung (Filament) aus schmalster Basis und beutelartige Anschwellung der Seitenhälften der wenig ausgedehnten Spreite (Anthere). Was bei den Blumenblättern nur seltener vorkommt, die Ueberspreitung, ist hier fast allgemeine Regel, wodurch die Staubbeutelfächer jederseits verdoppelt werden. Sie zeichnen sich durch schnellste Ausbildung und die grösste Hinfälligkeit nach der Entfaltung vor allen anderen Blüthentheilen aus.

7) Formation der Fruchtblätter. Sie sind wieder grösser, massiger, grüner als die vorausgehenden Theile, besonders ausgezeichnet aber durch bleibende, in Verwachsung übergehende Zusammenfaltung. Aus schmaler Basis entspringend erweitert sich der untere Theil spreitenartig, durch Zusammenschliessung der Ränder für sich oder mit den benachbarten Fruchtblättern die Fruchthöhle bildend, während der obere Theil sich meist stielartig zum Griffel zusammenzieht. Aus ihnen entspringen nach innen die Samensprösschen (Ovula), wodurch sie zum Gehäuse der Samen werden, mit diesen einen

*) Z. B. Schizopetalum, Drummondia.

Digitized by Google

weit über die Lebenszeit der Blüthe hinausreichenden Ausbildungsprozess (die Reifung) durchlaufend, dessen Vollendung manchmal selbst mehr als eine Jahresperiode erfordert *).

Dass alle Gebilde dieser 7 Formationen wirklich Blätter sind, darüber kann bei denen, die sich mit vergleichender Morphologie unbefangen beschäftigt haben, kein Streit und keine Frage sein. Die Metamorphosenlehre hat von dieser Seite eine feste und unerschütterliche Basis **). Das Gebäude aber, das auf dieser Grundlage errichtet werden soll, die Lehre von den Formationen, welche die getreue Darstellung der Lebensgeschichte der Pflanze, wie sie in der successiven Umgestaltung der gleichen Grundorgane dargelegt ist, geben soll, ist leider bis jetzt kaum als dunkle Ahnung vorhanden. Sie ist eine Aufgabe, die um so schwieriger erscheint, je mehr man ihrer Lösung sich zu nähern sucht, denn es genügt dazu nicht nach äusserlicher Gestaltvergleichung die Charaktere der Formationen zu zeichnen, was bei der im Pflanzenreich herrschenden Mannigfaltigkeit eine endlose Aufgabe ist; die wahre Charakteristik der Formationen muss vielmehr zugleich eine innere sein, sie muss das äussere Product in seiner Beziehung zu den inneren, in den Conflict mit der Aussenwelt eintretenden Lebensrichtungen zu erfassen, und uns dadurch die Entwicklungsgeschichte des Pflanzenlebens nach ihren inneren,

---

*) Zweijährige Dauer der Frucht- und Samenreife haben zahlreiche Nadelhölzer (Juniperus communis, Pinus) und viele Eichen (Quercus Cerris, Suber, rubra etc.)

**) Wigand (Kritik und Geschichte der Lehre von der Metamorphose der Pflanzen 1846 p. 118) bezeichnet sehr richtig „das grosse Gesetz der Einheit aller Achsen- und aller Blattorgane" als Kern der Metamorphosenlehre, welcher übrig bleibe, wenn man ihr das faltenreiche und abenteuerliche Gewand, mit der sie umhangen zu werden pflegt, ausziehe. Dagegen scheint die Aufgabe dem gefundenen Kern nun auch sein wahres, der Natur angemessenes Gewand zu geben, nicht genug erkannt zu sein. Das Faltige wird dann auch dem wahren Gewand nicht fehlen, ja selbst das Abenteuerliche werden wir in der Natur anerkennen müssen.

Digitized by Google

durch alle äusseren Verwicklungen hindurchführenden Momenten darzustellen suchen. Dass die oben gegebene kurze Beschreibung der Blattformationen hierauf keine Ansprüche macht, bedarf keiner Erwähnung; sie sollte nur dazu dienen einige Eigenschaften hervorzuheben, welche geeignet sind uns den regelmässigen Wechsel des Steigens und Fallens im Gange der Metamorphose, die successiven Aufschwünge derselben, die wir hier, als Verjüngungserscheinungen, betrachten wollen, bemerklich zu machen. Die Eigenschaften, welche wir hiebei hauptsächlich ins Auge zu fassen haben, sind: die relative Grösse des Blattes im Allgemeinen, dann insbesondere die Breite der Basis im Verhältniss zum Stengelumfang, die Höhe oder Länge des Blatts, die Breitenentwicklung oberhalb der Basis (die Spreitung) und das Gegentheil derselben, die Zusammenziehung zur Stielbildung, in deren gegenseitigem Verhältniss die weitere Auswirkung der Blattformen hauptsächlich beruht; endlich auch noch die Massenhaftigkeit oder Zartheit, die Dauerhaftigkeit oder Hinfälligkeit des Blattes. Schon die oberflächlichste Betrachtung zeigt deutlich, dass der Weg durch die Formationen vom Stock zur Blüthe, und wieder von der Blüthe zur Frucht kein gleichmässig ansteigender ist, dass er weder eine gleichmässige Abnahme in der Ausbildung der Organe, noch eine gleichmässig zunehmende Verfeinerung des Baus derselben zeigt. Auch die Annahme einer nur einmal steigenden und wieder herabsinkenden Vervollkommnung der Blattbildung, deren höchste Stufe in die Mitte (die Laubformation) fiele, entspricht nicht der Erfahrung, indem schon die Blüthe, noch mehr aber die Frucht dieser Ansicht widerspricht *). Es ist vielmehr unverkennbar, dass es im Laufe der Metamorphose 3 successive Aufschwünge der Blattbildung giebt, einen für den Pflanzenstock, einen für die Blüthe, endlich den letzten für die Frucht. Die genauere Prüfung dieser

---

*) Agardh geht in dieser falschen Voraussetzung soweit, dass er die in Folge der Befruchtung eintretende höhere Ausbildung der Frucht als einen pathologischen Zustand, eine Krankheit (!) betrachtet. (Essai de réduire la Physiolog. végèt. à des principes fondamentaux, 1828. p. 32 — 38.)

Digitized by Google

Erscheinung zeigt uns sogar, dass es in der ersten und zweiten Hebungsregion selbst noch untergeordnete Hebungen und Senkungen giebt.

Betrachten wir nun in dieser Beziehung zuerst die Verhältnisse der Breite des Blattgrundes, so finden wir am Pflanzenstocke von den ersten bis zu den letzten Blättern desselben eine bald allmählige, bald mehr sprungweise Abnahme derselben, und zwar ist diese Abnahme so beständig, dass vielleicht alle Ausnahmen sich auf die früher betrachtete Erscheinung der rückschreitenden Metamorphose zurückführen lassen, wenn es auch nicht bei allen gleich einleuchtend ist*). Mit dem Eintritt der Blüthe aber tritt oft deutlich wieder eine Zunahme in der Breite der Blattbasis ein, indem die Kelchblätter eine breitere Basis zeigen, als die obersten Hochblätter. Man kann diess besonders bei Kelchen mit rechtlagiger, bis zur Basis herabreichender Deckung wahrnehmen. Dass in der Region der Blumen- und Staubblätter die Breite der Basis wieder abnimmt, ist schon daraus zu ent-

*) Zu diesen Ausnahmen gehört das Verhältniss der Cotyledonen bei den zahlreichen dicotyledonischen Pflanzen, bei welchen auf die entgegengesetzten, halbumfassenden Keimblättern alternirende stärker umfassende Laubblätter, oder gar ganz oder fast ganz umfassende Niederblätter folgen, wie letzteres z. B. bei Asarum der Fall ist. Bei den Monocotyledoneen dagegen ist das Keimblatt immer ganz umfassend. Es gehört hieher ferner ein sonderbarer Fall bei Convallaria majalis, wo nach mehreren scheidenartig geschlossenen Niederblättern ein solches folgt, was nur ⅔ umfassend ist (es ist dasjenige, aus dessen Achsel der Blüthenstand entspringt), und auf dieses 2 Laubblätter, welche wieder ganz umfassend sind. Auch Crocus luteus und andere Arten dieser Gattung zeigen ein hier anzuführendes, sonderbar abweichendes Verhalten. Auf mehrere ganz umfassende, röhrenartig geschlossene Niederblätter folgen meist nach ⅜ Stellung geordnete Laubblätter, deren scheidenartige Grundstücke nicht röhrig geschlossen, sondern in der Richtung des langen Weges der Blattstellung untereinander verwachsen sind, wodurch gleichsam eine einzige, für alle Laubblätter gemeinsame, zusammenhängendspiralige Scheide entsteht. Die Breite der einzelnen Blattbasis beträgt also hier ⅝ des Stengelumfangs. Hierauf folgen 2 der Gipfelblüthe vorausgehende Hochblätter, das erste röhrig geschlossen, wie die Niederblätter, das zweite dagegen offen und nur unvollständig umfassend.

Digitized by Google

nehmen, dass in der Blumenkrone fast keine rechtlagigen (eutopischen) Deckungen mehr vorkommen, indem die Deckungen nicht von der Basis ausgehen, sondern nur durch Uebereinanderschiebung der später sich oberwärts ausbreitenden Blumenblätter entstehen. Bei den Staubblättern fehlen die Deckungen in der Regel ganz und die grosse Menge derselben, welche bei manchen polyandrischen Blüthen sich in einen Kreis theilen, zeigt die Schmalheit ihrer Basis an. Die Fruchtblätter haben zwar auch keine in die Breite gedehnte und deckende Basis, allein die in der Mehrzahl der Fälle geringere Zahl derselben, so wie die enge Aneinanderdrängung derselben weist immerhin auf die grössere Stärke ihrer Basis hin. Einige Beispiele von der abnehmenden Breite der Basis in den Blattformationen des Pflanzenstocks mögen zur Veranschaulichung noch angeführt werden.

Tulipa. Die Zwiebel zeigt 3—4 ganz umfassende, röhrig geschlossene Niederblätter, worauf am aufschiessenden Stengel 3—4 Laubblätter folgen, von denen das unterste noch umfassend und am Grunde geschlossen ist, die folgenden stufenweise abnehmend $^3/_4$ bis $^1/_2$ umfassend.

Convallaria Polygonatum. Die Niederblätter am horizontalen Wurzelstock ganz umfassend, ja selbst mit den Rändern übergreifend. Von den am überirdischen Stengel befindlichen Laubblättern ist das erste noch fast ganz, ungefähr $^9/_{10}$, das zweite $^3/_4$ oder $^2/_3$, alle folgenden $^1/_2$ umfassend.

Veratrum (nigrum). Die unterirdischen Niederblätter, die man am schönsten im Herbst an den noch unentwickelten Centralknospen junger Stöcke, so wie an den Seitenknospen alter Stöcke sieht, sind umfassend und bilden bis auf eine kleine, unmerkliche Spalte am obern Ende völlig geschlossene Kegel oder Kappen, welche bei der späteren Entwicklung der Knospe nach oben durchbrochen werden. Von den Laubblättern haben die 6—7 ersten lange, bis zum gestauchten unterirdischen Theil des Stengels herabreichende, geschlossene Scheiden; hierauf folgen meist zwei weitere mit gleichfalls geschlossenen, aber kürzeren Scheiden, die bereits am aufschiessenden Theil

Digitized by Google

des Stengels entspringen. Die nächstfolgenden, weiter auseinanderrückenden und immer schmäler und kürzer werdenden Laubblätter sind nicht mehr umfassend und zeigen eine allmählige Abstufung in der Breite der Basis, die ungefähr den Verhältnissen $^3/_4$, $^2/_3$, $^1/_2$, $^2/_5$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^2/_9$, $^1/_5$ folgt, und dann, sich mehr gleichbleibend, höchstens noch auf $^1/_6$ herabsinkt. Das $^1/_2$ umfassende Blatt ist das erste zweigtragende, indem aus seiner Achsel die unterste Seitenähre des grossen, zusammengesetzt-ährenartigen Blüthenstandes entspringt. Die kleinen Hochblätter, aus deren Achseln die einzelnen Blüthen entspringen, sind $^1/_6$ — $^1/_7$ umfassend.

Valeriana officinalis. Die unterirdischen Ausläufer zeigen weisse, einseitig zugespitzte, ganz umfassende, und durch Vereinigung der Ränder geschlossene Niederblätter; von den hierauf folgenden alternirend zweizeiligen Laubblättern haben die unteren einen gleichfalls ganz umfassenden Scheidengrund, während die letzten nur noch ungefähr $^3/_4$ umfassend sind. Die am aufschiessenden Theil des Stengels befindlichen Laubblätter sind paarweise verbunden und $^1/_2$ umfassend, oder, bei zuweilen vorkommenden dreizähligen Quirlen, $^1/_3$ umfassend. Die Hochblätter haben dieselbe Stellung, wie die Laubblätter, allein je zwei gegenüberliegende reichen mit der Basis nicht mehr vollständig zusammen; sie sind weniger als $^1/_2$, zuletzt nur noch $^1/_4$ umfassend.

Heracleum. Die unteren und mittleren Laubblätter der Arten dieser Gattung haben übergreifende, also etwas mehr als einmal umfassende Scheiden; die oberen, bereits kleineren und mit weniger getheilter und kaum gestielter Lamina versehenen, welche gewöhnlich unter sich genähert sind und doldentragende Zweige in ihren Achseln haben, zeigen unvollständig umfassende Scheiden mit raschem Abnehmen der Breite, ungefähr nach den Verhältnissen $^2/_3$, $^1/_2$, $^2/_5$, $^1/_3$ oder auch noch rascher fallend. Die kleinen linienförmigen oder fast borstenförmigen Hochblätter der Hülle und des Hüllchens endlich zeigen kaum $^1/_{10}$ — $^1/_{12}$ Breite der Basis.

Digitized by Google

Mahonia Aquifolium. Die Niederblätter (Knospenschuppen) sind ungefähr $^3/_4$ umfassend; die Laubblätter $^2/_3$, auf $^1/_2$ fallend; die Hochblätter an der Achse der Blüthentrauben $^1/_4$; die am Stiel der Blüthe selbst befindlichen kleinen Vorblätter, welche aber nur selten zur sichtbaren Ausbildung kommen, sind noch schmäler als die Deckblätter der Blüthen.

Die Pflanze zeigt somit in Beziehung auf die Breite der Blattbasis im Allgemeinen die Erscheinung der Abnahme, jedoch mit zweimaligem (aber nicht bedeutendem) Rückgriff, nämlich beim Eintritt der Blüthe, und wieder am Schluss des Stufenbaus, in der Fruchtbildung. Dass diese Abnahme in der Grundbreite des Blattes für sich allein keine Abnahme in der Energie der Blattbildung anzeigt, dass im Gegentheil die Ausbreitung der Basis mit der Hervorhebung der Mitte des Blatts in einem antagonistischen Verhältniss steht, wird die folgende Betrachtung zeigen.

Die Entwicklung des Blatts in die Länge oder Höhe, welche in Beziehung auf die Grösse des Blatts überhaupt und die Kräftigkeit, welche sich in seiner Bildung ausspricht, das einflussreichste Moment ist, zeigt uns in der fortschreitenden Metamorphose der Pflanze einen ganz anderen Gang, als die Breite der Basis. Sowohl in der ersten, als in der zweiten Region, am Stock und in der Blüthe, zeigt uns die Längenentwicklung des Blatts zuerst eine Zunahme, und dann wieder eine Abnahme; der Eintritt der letzten Region, der Frucht, ist wieder mit einer Zunahme verbunden. Nach einer doppelten Hebung und Senkung wird also die Schlussbildung in einer dritten Hebung erreicht. Ueberblicken wir zunächst die erste Region, so finden wir, dass die ersten Niederblätter eines Sprosses immer die kürzesten und kleinsten sind; ebenso in der Regel die ersten Laubblätter bei Pflanzen oder bei einzelnen Sprossen der Pflanze, denen die Niederblattformation fehlt. Der Cotyledonaranfang macht auch in dieser Beziehung, wie in Beziehung auf die Breitenverhältnisse, öfters eine Ausnahme, indem die Cotyledonen bei manchen Pflanzen länger und grösser sind, als die folgenden Blätter des Hauptsprosses, wie z. B. bei Quercus, Vicia, Casuarina, Opuntia.

Digitized by Google

Die Längenzunahme in der Aufeinanderfolge der Niederblätter kann man in schöner Abstufung an den unterirdischen Knospen staudenartiger Gewächse, so wie an den Knospen der Bäume fast allenthalben sehen; man vergleiche z. B. Paeonia, wo die 6 — 7 Niederblätter eine stufenweise Zunahme von 3''' auf 1 ½'' zeigen*), Mahonia Aquifolium, wo sie von 1''' auf 6''' wachsen, Aesculus**), Rosa***), Rhododendron†) etc. Die Längen- und Grössenzunahme der Laubblätter an keimenden Pflanzen sieht man besonders schön bei Acer, Corylus, Vitis, Phaseolus etc. In der Laubformation setzt sich die Längenzunahme der Blätter meist noch entschiedener als in der Niederblattformation fort, bis sie in einer bestimmten mittleren Gegend ihr Maximum erreicht, auf welches wieder stufenweise Abnahme eintritt, die auch in der Hochblattregion meist noch fortdauert. Je nach den Dehnungsverhältnissen des Stengels liegt der Höhenpunkt der Längenentwicklung der Laubblätter entweder im unteren gestauchten Theil des Stengels, so dass alle am gedehnten Stengel befindlichen Laubblätter schon der abnehmenden Reihe derselben angehören, oder er fällt, wenn eine solche rosettenartige Zusammendrängung der unteren Laubblätter nicht statt findet, in eine bestimmte Höhe des Schösslings selbst††). Beispiele der

---

*) Decandolle, Organogr. t 21. f. 1 — 3.

**) Ebend. t. 20.

***) Malpighi, Anat. plant. t. 12. f. 59.

†) Henri, Knospenbilder, in nov. act. nat. cur. XXII. I. t. 22.

††) Beide Verhaltungsweisen vereinigt, nämlich ein doppelter Höhenpunkt in der Laubformation, ein unterer am gestauchten Theile des Stengels (in einer Rosette sogenannter Wurzelblätter), und ein oberer am Schössling finden sich, freilich meist in zwei Jahre vertheilt, bei manchen zweijährigen Pflanzen, z. B. Pedicularis palustris, Anarrhinum bellidifolium, Oenothera muricata, so wie bei ausdauernden Pflanzen mit zweijährigen Sprossen, z. B. Jasione perennis und Pulmonaria officinalis. Es gehört diese Erscheinung jedoch eigentlich nicht hieher, sondern unter die oben p. 62 angeführten Fälle rückschreitender Metamorphose innerhalb der Laubformation.

Digitized by Google

ersteren Art sehen wir an Nigritella angustifolia, Chrysanthemum Leucanthemum, Hieracium vulgatum, Scabiosa Columbaria, Swertia perennis, Aconitum Lycoctonum; Beispiele der letzteren an Orchis globosa, maculata, Canna, Hieracium sabaudum, Gentiana germanica, Bocconia cordata, Aconitum Napellus, Helleborus foetidus, Ruta graveolens. Dabei ist, bei grosser Zahl der Blätter, die Zu- und Abnahme oft sehr allmählig, wie z. B. bei den meisten Arten von Linaria, Linum, Phlox. So sehen wir bei Phlox paniculata, wo der Spross mit paarweise gestellten, halbumfassenden, nach oben abgerundeten, 1 — 3‴ langen, unterirdischen Niederblättern beginnt, über der Erde ungefähr 30 Paare breitlanzettförmiger, spitzer Laubblätter, die nur ungefähr $^3/_8$ umfassend sind und gegen die Mitte der Stengelhöhe ihre grösste Länge von etwa 3″ erreichen, von da an zuerst ganz unmerklich, in der Inflorescenz aber rascher abnehmen und endlich in die Hochblattbildung übergehen. Die letzten feingespitzten Hochblätter sind nur noch 3‴ lang und kaum $^1/_4$ umfassend. In anderen Fällen steigt die Blattbildung in wenigen grossen Schritten zu ihrer grössten Höhe, ebenso-schnell wieder herabsinkend, wie z. B. bei Hydrophyllum canadense. Diese Pflanze trägt an dem gedrungenen, überirdisch kriechenden Niederstengel (Wurzelstock) zweizeilig geordnete, dickfleischige, ausdauernde Niederblattschuppen von $^1/_4$ bis $^1/_2$″ Länge; die letzten zwei Schuppen des Sprosses *) gehen gewöhnlich an der Spitze in Stiel- und Spreitenbildung über, sind demnach bereits die ersten Laubblätter, die sich jedoch von den folgenden durch ihre persistente fleischige Schuppenbasis unterscheiden. Diese zwei ersten Laubblätter entwickeln sich bereits im Herbst vor dem Aufschiessen des Sprosses; das erste ist oft nur rudimentär, das zweite länger

---

*) Im Falle derselbe nämlich die zum Blüthebringen nöthige Kräftigkeit besitzt. Junge Pflanzen und schwächere Seitensprosse älterer schwanken mehrere Jahre zwischen Laub- und Niederblattbildung, in der Weise der p. 58 angeführten Beispiele.

Digitized by Google

und stärker ausgebildet, ungefähr eine Höhe von 3 – 6'' erreichend. Hierauf folgen (im nächsten Frühling sich entfaltend) meistens 3 weitere Laubblätter, von denen das erste entweder noch an dem kriechenden Theil des Stengels, oder doch, nur wenig über die Erde erhoben, am untersten Theil des aufgerichteten Laubstengels sich befindet und bei weitem das grösste von allen ist, indem es dem ganzen Schössling an Höhe gleichkommt oder ihn selbst überragt, eine Länge von 1 – 1 ½' erreichend. Von den zwei folgenden, hoch oben am Laubstengel sich befindenden, ist das erste ¾ — ½', das zweite ⅓ — ¼' lang. Die Hochblätter, welche an der Inflorescenz folgen, sind bei dieser Pflanze gänzlich unterdrückt. Am auffallendsten tritt die in der Laubformation ausgesprochene Höhe der Blattbildung da hervor, wo dieselbe durch ein einziges Laubblatt, das alsdann meist von ausgezeichneter Grösse ist, dargestellt wird. So z. B. bei Epimedium alpinum*), wo auf ziemlich zahlreiche unterirdische Niederblätter von 1 — 5''' Länge in der Regel ein einziges, doppelt oder dreifach dreitheiliges Laubblatt von ungefähr 1' Länge folgt, nach welchem die Metamorphose plötzlich zu den kleinen, zahlreichen Hochblättern überspringt, deren Länge nur 1''', herabsinkend bis auf ⅓''', beträgt. Etwas abweichend von der gewöhnlichen Lage des Höhenpunktes in der Längenentwicklung der Blätter sind die seltneren Fälle, in welchen derselbe nicht in die Mitte, sondern an das Ende, oder an den Anfang der Laubformation fällt. Den ersteren Fall sehen wir bei Heliconia cannoidea**), bei welcher erst mit der Hochblattformation die Längenabnahme eintritt; den letzteren bei Paeonia und Actaea. Die Christophswurz (Actaea spicata) zeigt am unterirdischen Stock mehrere kurz-

---

*) Andere Beispiele von einblättriger Laubformation bieten Malaxis monophylla und sehr zahlreiche ausländische Orchideen; ferner manche Aroideen, z. B. Arum echinatum (Wall. pl. as. rar. t. 136); von Gesneriaceen Platystemma violoides (Wall. l. c. t. 151); Sanguinaria; endlich viele Cyperaceen, z. B. Scirpus mucronatus.

**) Richard, Comment. de Musac. t. 9.

Digitized by Google

scheidige Niederblätter von 1‴ auf 3‴ Länge wachsend; hierauf folgen am überirdischen Stengel meist 3 Laubblätter, von denen das unterste, grösste, mehrfachzusammengesetzte ungefähr 1′ lang ist, das dritte, oberste und kleinste, meist nur einfach dreitheilige noch 1—2″ Länge hat. Die zuletzt folgenden Hochblätter, aus deren Achseln die Blüthen der gipfelständigen Aehre entspringen, sind 1½—1‴ lang.

Zum Schluss will ich die Erscheinung des Wachsens und Fallens in der Länge und Grösse der Blätter am Stocke der Pflanzen noch an einem Beispiel schildern, welches sie in seltener Grossartigkeit zeigt, nämlich an dem Pisang oder der Paradiesfeige (Musa) *). Den aus horizontalem Anfang aufsteigenden unterirdischen Theil dieser Pflanze habe ich nicht zu untersuchen Gelegenheit gehabt; wenn derselbe, als junger Trieb, über die Erde kommt, sieht man zuerst einige Niederblätter, denen wahrscheinlich zahlreichere unterirdische vorausgehen. Bei M. s. erscheinen sie als dreieckig zugespitzte, glänzend schwarzbraune Scheiden von 2—4″ Länge, denen andere, an Länge zunehmende Scheidenblätter folgen, die durch anfangende Stiel- und Spreitenbildung an der Spitze den Eintritt der Laubformation anzeigen. Von Blatt zu Blatt wird nun nicht bloss die Scheide, sondern auch Stiel und Spreite länger bis zur vollen Erreichung der bekannten Pracht und Grösse der Pisangblätter. Die vollständige Entwicklung des Pisangsprosses erfordert bei uns mehrere, in dem tropischen Heimathland höchstens

*) Die folgenden Angaben sind von 2 Arten des hiesigen botanischen Gartens entnommen, nämlich einer grösseren mit überhängendem Blüthenstand und zahlreichen Blüthen in den Achseln der Deckblätter, welche die Musa sapientum zu sein scheint, und einer kleineren mit aufrechtem Blüthenstand und schön rosenrothen Bracteen, welche nur je drei Blüthen in der Achsel haben. Letztere führt im hiesigen Garten den Namen M. rubra. An dieser habe ich namentlich die Höhenvertheilung der Blätter am Stamm genauer untersuchen können. Die Stellung der Laubblätter ist bei beiden $\frac{3}{7}$, die der Bracteen $\frac{4}{11}$. Ich will die beiden Arten in der Angabe der Längenverhältnisse durch M. s. und M. r. unterscheiden.

Digitized by Google

zwei Jahre; die äusseren Blätter sterben ab, während die inneren zur Entfaltung kommen. Alle Blätter des noch nicht in Blüthe aufgeschossenen Triebes entspringen dicht am Boden an einem gestauchten Stengel und bilden bloss durch die Umeinanderrollung ihrer Scheiden einen hohen Scheinstamm, wesshalb Richard die Musa ein Zwiebelgewächs nennt. Die Länge der Blätter bedingt also hier die Höhe des ganzen Gewächses. Die innersten Blätter sind dabei die längsten; ich fand sie bei M. s. bis 25′ lang, wovon ungefähr 13′ auf die Scheide, 2′ auf den Siel, 10′ auf die Spreite kommen. Bei M. r. sind sie nur ungefähr 15′ lang, der Stiel verhältnissmässig länger als bei M. s. Von der Stelle, wo der Stengel zum dünnen, das stammartige Scheidenconvolut durchdringenden Blüthenschaft aufschiesst, beginnt die Abnahme in der Länge der Blätter. Bei M. r. fand ich an dem verlängten Theile des Stengels noch 5 Laubblätter, von denen namentlich die 3 obersten eine beträchtliche Abnahme nicht bloss in der Länge der Scheide, sondern auch in der der Spreite zeigten; das letzte von diesen hatte nur noch 4′, nämlich die Scheide 1½′, der Stiel 1′, die Spreite 1½′. Die Internodien, welche diese 5 letzten Laubblätter trugen, hatten der Reihe nach ungefähr ½′, 1′, 2′, 3′, 3′ Länge. Nicht ganz 2′ vom Ursprung des letzten Laubblatts entfernt folgte ein Uebergangsblatt zur Hochblattbildung von 1½′ Länge und breitlinienförmiger, allmählig zugespitzter Form; nur 2″ über diesem begann die lange Reihenfolge der genäherten, eiförmigen, rosenrothen Deckblätter, von denen die ersten ungefähr 5″ lang sind, die folgenden allmählig auf 3 — 2″ herabsinken. Die 6 untersten Deckblätter an dem untersuchten Blüthenstand der M. r. hatten weibliche, sämmtliche folgenden männliche Blüthen in der Achsel*). Auch für die Breite der Blattbasis bildet Musa eine schöne Stufenleiter. Sämmtliche unteren Blätter, bis zum Schössling, sind

*) Bei Musa paradisiaca haben nach Rumph 12 bis 20 Deckblätter weibliche Blüthen und zwar je 12 bis 20 in einer Achsel, so dass ein einziger Blüthenstand 100 bis 200 Früchte trägt.

Digitized by Google

ganzumfassend; die 3 obersten Laubblätter fand ich bei M. r. $^{15}/_{16}$, $^{10}/_{11}$, $^{6}/_{7}$ umfassend; das Uebergangsblatt $^{3}/_{5}$, die Deckblätter der weiblichen Blüthen $^{1}/_{2}$ bis $^{2}/_{5}$, die der männlichen $^{1}/_{3}$ umfassend. So sehen wir also bei dem Pisang die Blattbildung von wenigen Zollen in allmähliger Abstufung zu der oft enormen Länge von 25′ ansteigen und in rascherer Abstufung wieder auf ungefähr gleiche Kürze herabsinken, wobei noch zu bemerken, dass bei genauerer Untersuchung der ersten unterirdischen Blätter des Sprosses, so wie des Cotyledons der keimenden Pflanze, der Ausgangspunkt ohne Zweifel noch geringer sich herausstellen wird, so wie auch anderseits aus dem truppartigen Beisammenstehen der Blüthen in der Achsel eines Deckblatts geschlossen werden kann, dass diese im Verhältniss zur Blüthe grossen Deckblätter noch nicht die letzten Glieder der Hochblattformation sind, vielmehr an der Basis der Blüthe selbst noch verschwindende Hochblätter (Vorblätter) vorhanden sind, welche den eigentlichen Schluss der Blattbildung für den Pflanzenstock bilden.

Ein ähnliches Steigen und Fallen in der Länge der Blätter wiederholt sich in der Region der Blüthe. Die Kelchblätter schliessen sich in ihrer Länge, oft auch in ihrer ganzen Gestalt, mit Ausnahme der meist bedeutenderen Breite, zuweilen unmittelbar an die letzten Hochblätter an, wie z. B. bei Helleborus foetidus, Ruta graveolens, Phlox paniculata, bei welchen die Kelchblätter an Grösse und Gestalt mit den letzten Hochblättern fast ganz übereinstimmen. Häufiger jedoch zeigt der Kelch in Beziehung auf die letzten Hochblätter schon wieder eine Längenzunahme. Zur Bestätigung darf nur an die zahlreichen Pflanzen erinnert werden, welche am Stiel seitlicher Blüthen Vorblätter (Bracteolen) besitzen, die fast immer sehr klein und schmächtig, ja oft bis zum Verschwinden klein sind. Man vergleiche z. B. Aconitum, Delphinium, Viola, Polygala, Colutea und andere Leguminosen, Molucella, Calamintha, Gratiola, Convolvulus. Aber auch bei Gipfelblüthen können wir dasselbe wahrnehmen, z. B. bei Dianthus, wo den unterwärts in eine lange Röhre verwachsenen

Digitized by Google

Kelchblättern mehre Paare kürzerer Schuppen vorausgehen*); ferner bei Hypericum calycinum, wo die Kelchblätter der einsamen Gipfelblüthe 2 bis 4 mal so lang und 3 bis 4 mal so breit sind als die 2 vorausgehenden Hochblätter; endlich am entschiedensten bei Chelidonium majus, bei welchem die Kelchblätter ungefähr 3''' lang sind, während die 2 bis 3 Paare vorausgehender Hochblätter, aus deren Achseln die Seitenblüthen der Dolde entspringen, kaum $\frac{1}{2}$''' erreichen. Im Kelche selbst hält sich die Metamorphose gewöhnlich in der Weise auf gleicher Stufe, dass wenigstens kein merklicher Unterschied unter den Kelchblättern statt findet; doch sind die Fälle auch nicht selten, wo innerhalb des Kelches selbst eine deutliche Abstufung, eine der Aufeinanderfolge der Kelchblätter entsprechende Längenzunahme eintritt, so z. B. bei dem fünfzähligen, nach $\frac{2}{5}$ Ordnung imbricirten Kelch von Hypericum calycinum, dessen 2 innerste Kelchblätter fast doppelt so lang sind, als die 2 äusseren; das dritte ist von mittlerer Länge. Aehnlich verhält es sich bei Polygala, wo die 2 innersten Kelchblätter nicht bloss vielmal länger sind, als die 3 äusseren, sondern auch bereits blumenblattartige Färbung zeigen, die sogenannten Flügel der Blüthe bildend**). Bei Oxyria und der weiblichen Blüthe von Urtica finden wir einen 4zähligen Kelch, dessen 2 äussere Blätter kürzer sind, als die 2 inneren; bei Rumex einen 6zähligen aus 3 äusseren kürzeren und 3 inneren längeren. Berberis hat einen doppelten 3zähligen, Mahonia und Podophyllum einen dreifachen 3zähligen, Epimedium einen dreifachen 2zähligen Kelch; bei diesen allen sind die inneren Quirle aus längeren Kelchblättern gebildet, als die äusseren. Die Cacteen endlich, so wie

*) Die 2 bis 3 Paare schuppenförmiger Blätter unter dem Kelch der Nelke nehmen in aufsteigender Ordnung an Länge zu, gehören also eigentlich schon dem mit der Blüthe eintretenden neuen Aufschwung der Blattbildung an, einen Vorkelch bildend, wie diess auch bei der Malve der Fall ist.

**) Aehnlich verhält sich Dipterocarpus.

Digitized by Google

Calycanthus, zeigen bei acyclischer Bildung des Kelches die allmählige Längenzunahme in ausgezeichnetster Weise.

In der Blumenkrone erreicht die Länge der Blätter innerhalb der Blüthe ihr Maximum. Es ist kaum nöthig das Längenverhältniss der Blumenkrone zum Kelch an Beispielen zu erläutern; auch ohne Nachweisung durch eine numerische Zusammenstellung, die sich natürlich an ein bestimmtes, vollständig bekanntes Florengebiet halten müsste, wird die Behauptung nicht bestritten werden, dass bei der grossen Mehrzahl der überhaupt mit Corolle versehenen Pflanzen die Blumenblätter länger sind als die Kelchblätter. Prachtvolle und ansehnliche Beispiele dafür liefern die Gattungen Datura (z. B. D. arborea), Convolvulus, Gentiana (z. B. G. acaulis), Campanula, Cucurbita, Paeonia, Dillenia, Hibiscus etc. Aber auch bei kleinblüthigen Pflanzen findet sich dieses Verhältniss bestätigt, wie z. B. bei Vitis, bei den Doldengewächsen, den Korbblüthigen. Selbst bei den Monocotyledoneen, denen im Allgemeinen die scharfe Differenzirung von Kelch und Blumenkrone fehlt, sind die 3 innern Perigontheile häufig entschieden länger, als die 3 äusseren, wie z. B. bei Lachenalia und Uropetalum aus der Familie der Lilien, bei sämmtlichen Bromeliaceen, Comelyneen, Cannaceen, Alismaceen. Das seltnere Vorkommen von Blumenblättern, welche kürzer als der Kelch sind, erklärt sich in vielen Fällen durch ein Hinüberspielen einer Formation in die andere, wodurch der Höhenpunkt der Längenentwicklung verschoben wird. So zeigen viele Ranunculaceen (z. B. Trollius, Nigella) nach corollinischem Kelch kürzere und contrahirtere, der Staubgefässbildung sich annähernde Blumenblätter. Auch in anderen Familien kommen einzelne Gattungen mit corollinischem Kelch vor, dessen Blätter länger als die eigentlichen Blumenblätter sind; so z. B. bei Fuchsia (Kelch meist hochroth, selten weiss, Blumenblätter meist violett), Ribes (Chrysobotrya), Commarum, Chimonanthus. Letztgenannte Gattung hat ungefähr 8 zarte, gelbe Kelchblätter, denen ebensoviele, halb so lange, dunkel purpurrothe Blumenblätter folgen,

Digitized by Google

In anderen Fällen hängt die Kleinheit der Blumenblätter mit einer in manchen Familien herrschenden Neigung zum Fehlschlagen der Blumenkrone zusammen (Sibbaldia, Saginae sp., Paronychia, Gnidia, Santalum), worauf wir später zurückkommen.

Innerhalb der Blumenkrone selbst kommt keine weitere Längenzunahme mehr vor, wenigstens ist mir kein Beispiel hiefür bekannt; dagegen beginnt nicht selten schon innerhalb der Formation der Blumenkrone die auf das Maximum der Längenentwicklung im zweiten Theil der Blüthe folgende Abnahme. So sehen wir in den meisten Fällen doppelter oder mehrfacher Blumenkrone die inneren Kreise aus kürzeren, kleineren Blumenblättern gebildet. Bei Fumaria sind die 2 inneren Blumenblätter unbedeutend, bei Hypecoum dagegen bedeutend kürzer, als die 2 äusseren. Jacquinia und Achras zeigen dasselbe bei 5- und 6zähligen Kreisen. Asimina triloba hat einen 3zähligen Kelch, dessen Blätter 4''' lang sind. Hierauf folgen 3 dreizählige Kreise von Blumenblättern: die des ersten Kreises sind 7 — 8''', die des zweiten ungefähr 5''', die des dritten kaum über 2''' lang. Die Staubblätter sind 1''' lang; die dreilappige (aus 3 Fruchtblättern gebildete) Frucht erreicht reif eine Länge von 4 — 5''! Die Längenabnahme der inneren Blumenblätter zeigt sich ferner bei allen Blüthen mit sehr zahlreichen Blumenblättern, dieselben mögen eine complicirt-cyclische oder eine acyclische Anordnung haben, so z. B. bei Illicium, Nymphaea*), Mesembrianthemum**). Endlich zeigt sich die stufenweise Längenabnahme in der Aufeinanderfolge der Blumenblätter sehr schön bei allen sogenannten gefüllten Blüthen, und zwar am deutlichsten bei denjenigen, deren Füllung bloss durch Blumenblattbildung an der Stelle der Staubblätter (und oft auch

---

*) Nymphae alba hat ungefähr 24 Blumenblätter, von denen die innersten kürzesten allmählige Uebergänge zur Staubblattbildung zeigen.

**) Manche Arten haben über 100 Blumenblätter.

Digitized by Google

der Fruchtblätter), ohne hinzukommende axillare Sprossbildung, entsteht*). Die schönsten Beispiele dieser Art liefern die Ranunculaceen, namentlich Ranunculus, Clematis, Hepatica, Caltha, Aquilegia. Auch die Camellien, Glockenblumen und Narcissen zeigen diese Art der Füllung und die damit verbundene Längenabnahme der Blumenblätter.

Mit dem Uebergang von der Blumenkrone zur Staubblattbildung tritt abermals eine Längenabnahme ein. Bei weitem die Mehrzahl der Pflanzen, welche eine ausgebildete Blumenkrone besitzen, stimmen darin überein, dass die Staubblätter, ungeachtet ihrer bedeutenden Stielbildung, doch kürzer sind als die Blumenblätter. Entgegengesetzte Fälle, in welchen die Staubblätter die Blumenkrone an Länge übertreffen, sind ziemlich selten**). Wo sich zwei oder mehrere Staubblattkreise folgen, findet sich oft eine weitere Abstufung in der Längenabnahme, indem die inneren Staubblätter kürzer sind als die äusseren. So bei Narcissus, Muscari, Daphne, Myricaria,

---

*) Bei der Mehrzahl der gefüllten Blüthen ist die Füllung durch Sprossbildung aus den Achseln der Blumenblätter complicirt. Die hiebei auftretenden Sprosse sind selbst wieder unvollkommene Blüthen, ohne entwickelte Achse und meist nur aus wenigen Blumenblättern und zuweilen einigen Staubblättern gebildet. Dadurch entsteht eine scheinbar unordentliche Anhäufung grösserer und kleinerer, in verschiedenen Richtungen durcheinanderstehender, oft mit einzelnen Staubblättern vermischter Blumenblätter, bei der man nicht genau unterscheiden kann, welche Theile der Mutterblüthe und welche den Töchtern angehören. So z. B. häufig bei den gefüllten Maiblumen, Nelken, Cruciferen, Malven und Rosen. Es kommen jedoch zuweilen bei derselben Pflanze Füllungen mit und ohne solche Axillarvermehrung vor. Zuweilen erhalten die Axillarbildungen gefüllter Blüthen auch eine vollkommnere Ausstattung, wie der von G. Engelmann zuerst beobachtete, in den Gärten nicht selten vorkommende Fall von Althaea rosea am schönsten zeigt. Siehe Engelm. de Antholysi t. I. f. 6.

**) Z. B. Ribes stamineum, Fuchsia, Cynoglossum stamineum, Hydrophyllum magellanicum, Hyssopus, Vaccinium stamineum, Erica staminea, carnea, multiflora etc.

Digitized by Google

Boronia und andere Rutaceen, vielen Malpighiaceen und Melastomaceen, Lythrum, Crataegus u. s. w. Es kommt jedoch auch der umgekehrte Fall in dem Längenverhältniss aufeinanderfolgender Staubblattkreise vor, worauf wir bei der nachfolgenden Betrachtung der untergeordneten Hebungen und Senkungen der Metamorphose zurückkommen werden.

Die dritte und letzte Längenzunahme tritt endlich in der Frucht auf, was sich oft schon zur Zeit der Blüthe durch die die Staubblätter überragenden Fruchtblattspitzen (Griffel und Narben) ausspricht, wie z. B. durchgehends in der Familie der Glockenblumen, Korbblüthigen, Nachtkerzen; oft erst mit der Reife der Frucht deutlicher zum Vorschein kommt *).

In Beziehung auf Länge und Grösse überhaupt stellen sich somit 3 Höhenpunkte der Blattbildung heraus, der erste in die Laubformation, der zweite in die Blumenkrone, der dritte in die Fruchtbildung fallend. Diese Höhenpunkte werden etwas verschoben, wenn wir das Blatt in Beziehung auf seine innere Differenzirung, auf die mehr oder minder scharfe Entwicklung des Gegensatzes von Stiel- und Spreitenbildung und die damit zusammenhängende Vollkommenheit der Formauswirkung betrachten. In der ersten Region zwar nimmt auch in dieser Beziehung die Laubformation den Höhepunkt ein; in der Blüthe dagegen ist es nicht die Blumenblattbildung, sondern die Staubblattbildung, welche in Beziehung auf innere Gliederung den Höhepunkt einnimmt, indem wir in ihr die schärfste Sonderung von Stiel- und Spreitenbildung wahrnehmen. An der Basis des Staubfadens kommen mitunter selbst scheiden- und nebenblattartige Ausbreitungen und Anhänge vor, welche die Analogie mit der Laubformation noch weiter bestätigen. Dieselbe Stelle weisst den Staubblättern auch ihre physiologische Bedeutsamkeit an, denn Laubblätter, Staubblätter und Fruchtblätter sind offenbar die 3 wesentlichsten Blattformationen, auf welche sich die wichtigsten Funk-

*) Leguminosae, Cruciferae (namentlich siliquosae), Geraniaceae, Palmae etc. Vergl. auch Asimina triloba oben p. 83.

Digitized by Google

welche nachher noch kurz berührt werden sollen. Jede Pflanze hat für diese Schwingungen der Metamorphose ihre eigenen Lebenslinien, deren constructive Darstellung uns Charaktere zur Anschauung bringen wird, welche bisher von den Botanikern nur höchst fragmentarisch aufgefasst oder in dunkler Empfindung unter den Unbeschreiblichkeiten des Habitus begriffen wurden.

Besonders bedeutsam ist uns in der Reihe der hieher gehörigen Erscheinungen das eben erwähnte, an bestimmten Uebergangsstellen der Metamorphose eintretende Schwinden oder Nichterscheinen der Anlage nach vorhandener, aber nicht zur Ausbildung kommender oder in der frühsten Bildungszeit wieder unterdrückter Blätter *). Dieses so häufig vorkommende und an bestimmte Regionen gebundene **) Niedertauchen der Blattbildung ist der beste Beweis für den Wogengang der Metamorphose und das beste Kriterium für die einzelnen Abschnitte derselben. Es kommt ein solches Schwinden an 4 verschiedenen Stellen im Fortgang der Metamorphose vor, nämlich erstens an den zwei bereits vorhin betrachteten Einsenkungsstellen beim Uebergang der drei Hauptregionen ineinander, vom Stock zur Blüthe und von der Blüthe zur Frucht; sodann aber auch an zwei noch näher zu betrachtenden untergeordneten Einsenkungsstellen, beim Uebergang von der Laubformation zur Hochblattbildung, und der Blumenkrone (oder des Kelchs) zur Staubblattbildung. Um das Vorkommen der Schwindegegenden in seinem

---

*) Es gehört diese Erscheinung unter den von den Botanikern sogenannten Abortus, über dessen vielfach unbegründete und leichtsinnige Annahme sich Schleiden mit Recht wiederholt beschwert (Grundzüge II. p. 188). Die richtige Anwendung der vergleichenden Methode wird uns übrigens vor solchem Spiel bewahren und uns eine unterdrückte Blattbildung selbst in solchen Fällen mit Sicherheit anzeigen, in welchen die Beobachtung der Bildungsgeschichte die Nachweisung vielleicht niemals zu geben im Stande sein wird.

**) Eine andere Reihe von Aborten, die wir hier ganz ausser Acht lassen, steht in Beziehung zur zygomorphen und antagonistischen Bildung der sogenannten unregelmässigen Blüthen.

Digitized by Google

Verhältniss zum ganzen Stufenbau darzustellen überblicken wir noch einmal der Reihe nach die Uebergänge der Metamorphose von Formation zu Formation.

Innerhalb der Niederblattformation haben wir ein Wachsen in der Stärke der Blattbildung bemerkt, das sich ohne vorhergehende Abnahme in die Laubformation fortsetzt. Die Blattbildung hebt sich von der Niederblattformation zur Laubformation fortschreitend ohne, oder doch mit nur unmerklicher Einsenkung beim Uebergang; daher kommt denn auch ein Schwinden zwischen diesen beiden Formationen niemals vor. Ob dieser Uebergang wirklich stets ohne alle Einsenkung geschieht, oder ob vielleicht doch mitunter eine schwache Abnahme der Blattbildung mit demselben verbunden ist, will ich unentschieden lassen. Bei Adonis vernalis scheint die letztere Annahme sich zu bestätigen. Ich fand die 7 bis 8 Niederblätter dieser Pflanze von stufenweise zunehmender Länge, wachsend von 1‴ auf 8‴; ein hierauf folgendes Uebergangsblatt, welches die ersten Spuren der Spreitenbildung an der Spitze zeigt, fand ich etwas kürzer als das letzte reine Niederblatt, nämlich nur gegen 7‴ lang.

In der Laubformation sehen wir nach erreichter Höhe der vegetativen Blattbildung wieder eine Abnahme eintreten, welche sich häufig in der Hochblattformation ohne neuen Aufschwung fortsetzt. Allein nicht immer verhält es sich so; der Uebergang der Laubformation in die Hochblattformation ist oft durch einen stärkeren Rückgang, der bis zum Schwinden gehen kann, vermittelt, wodurch die Hochblattformation sich als eigene Welle abscheidet, indem sie ihr besonderes Steigen und Fallen erhält. Die auf diese Weise sich abscheidende Hochblattregion stellt dadurch ein Vorbild der Blüthe innerhalb der vegetativen Sphäre dar, wodurch die alte Betrachtung des Köpfchens der Korbblüthigen und des Aehrchens der Gräser als „zusammengesetzte Blüthe“ eine gewisse Berechtigung erhält. Betrachten wir zunächst die Ordnung der korbblüthigen Pflanzen (Compositae) in dieser Beziehung, so wird sich uns in der Hochblattformation derselben nur selten

Digitized by Google

ein bloss abnehmendes Verhältniss der Blattbildung zeigen, indem die Hüllen oder sogenannten gemeinsamen Kelche meist aus Hochblättern gebildet sind, die grösser sind als die ihnen am Stiel des Köpfchens zunächst vorausgehenden*), und innerhalb der Hülle selbst meist noch eine weitere Zunahme in der Grösse der aufeinanderfolgenden Hüllblätter statt findet, wie die so gewöhnlichen „Involucra calyculata und imbricata" zeigen**). Wahrhaft prachtvoll sehen wir diese Erscheinung in den gefärbten, strahlig sich ausbreitenden Hüllen von Carlina, Xeranthemum und Helichrysum. In der letztgenannten Gattung (z. B. bei H. proliferum) kommt sogar der seltene Fall vor, dass die Hochblattbildung in ihrem Steigen die Grösse der Laubblätter weit übertrifft. Nach erreichtem Maximum sinkt die Hochblattbildung an der gemeinsamen Blüthenachse wieder zur Gestalt kleiner Spreublättchen oder Zähnchen zurück, manchmal in faserartige Auflösung übergehend, manchmal endlich ganz verschwindend (receptaculum paleaceum, denticulatum, fibrillosum, nudum). Als Beispiel will ich Calliopsis bicolor, eine in den Gärten allgemein verbreitete Zierpflanze, etwas genauer in dieser Beziehung schildern. Niederblätter fehlen. Am gestauchten Grunde des Stocks sehen wir die Blattbildung vom einfachen zum einfachfiedertheiligen und doppeltfiedertheiligen Laubblatt fortschreiten. Am aufschiessenden Theil des Stengels folgen hierauf in abnehmender Reihe schmallappigere doppeltfiedertheilige, einfachfiedertheilige und zuletzt einfache Laubblätter, welche den Uebergang bilden zu einigen wenigen, am Stiel des Köpfchens zerstreuten, sehr kleinen, linienförmigen, bräunlich gefärbten Hochblättern. Von hier an tritt von Neuem ein Steigen in der Blattbildung ein. Die 8 äusseren Blätter des Involucrums sind bereits etwas grösser, namentlich breiter als die vorausgehenden zerstreuten Hochblätter; die 8 inneren Involucral-

---

*) Vergl. z. B. Hieracium sabaudum und verwandte Arten, Leontodon squamosus, Catananche coerulea.

**) Z. B. Chrysanthemum Leucanthemum, Taraxacum, Scorzonera, Cynara.

blätter, in deren Achseln die 8 Strahlblümchen sitzen, sind 5 — 6 mal so lang und breit als die äusseren, lichter gefärbt und mehr scariös. Hiemit ist die Höhe der Hochblattbildung erreicht; die nun folgenden Bracteen (paleae) sind kürzer, fast fadenförmig, durchsichtig mit feinem braunem Mittelstreif. Ein anderes Beispiel, welches uns nicht bloss ein Sinken und Wiederzunehmen, sondern ein wirkliches Schwinden beim Uebergang von der Laub- zur Hochblattformation zeigt, bietet Emilia sagittata (Cacalia sonchifolia der Gärten). Auf die grossen, den Stengel mit pfeil- oder herzförmiger Basis umfassenden oberen Laubblätter folgt ein schmales, linienförmiges Uebergangsblatt, aus dessen Achsel der erste Zweig der corymbösen Inflorescenz entspringt. Hierauf folgen 2 bis 4 völlig unterdrückte Blätter, deren Dasein bloss an dem der scheinbar des Stützblattes entbehrenden Zweige des Blüthenstandes erkannt wird. In der aus 13 gleichlangen, linienförmigen Hochblättern bestehenden Hülle des Gipfelköpfchens taucht die Blattbildung wieder auf, um zuletzt auf dem Receptaculum nudum abermals zu verschwinden. Ein ähnliches Schwinden und Wiederauftauchen der Hochblattbildung, nur an verschiedene Achsen vertheilt, sehen wir bei denjenigen Umbelliferen, denen ein Involucrum fehlt, die aber ein Involucellum besitzen, so z. B. bei Angelica sylvestris, Seseli montanum und Hippomarathrum und Bupleurum rotundifolium. Die Involucellblätter sind zugleich die Bracteen (Trag- oder Stützblätter) der äussersten Blüthen des Döldchens, während die weiteren, mehr nach innen stehenden Blüthen aus den Achseln unterdrückter Blätter entspringen. So hat das angeführte Bupleurum nur 5 Involucellblätter, aber 8 bis 13 Blüthen in jedem Döldchen, die Mittelblüthe desselben nicht gezählt; es müssen also 3 bis 8 Blüthen aus den Achseln unsichtbarer Blätter entspringen. Eine dritte grosse Ordnung, in welcher die Hochblattbildung unter ähnlichen Verhältnissen auftritt, ist die der Gräser. Hier ist es allgemeine Erscheinung, dass zunächst auf die Laubformation eine Unterdrückung der Blattbildung folgt, welche durch das ganze Hauptgerüste des Blüthenstandes anhält und erst in den Aehrchen wieder gehoben

Digitized by Google

wird. Die Blätter sind in dieser Region oft spurlos verschwunden, oder sie erscheinen nur als mehr oder weniger deutliche Schwielen, die bald ganz umfassend und ringförmig geschlossen*), dabei manchmal wellenförmig auf- und niedergebogen**), bald nur theilweise umfassend und alsdann mit den Rändern meist herablaufend***), seltener an der Spindel aufsteigend †) sind. Bei Elymus europaeus ist das unterste ringförmige Schwindeblatt oft in einen spitzen Zahn verlängert; bei Nardus sind sämmtliche Tragblätter der Aehrchen zahnförmig. Nur bei wenigen Gräsern haben die unteren Blätter an der Spindel des Blüthenstandes eine bedeutendere Entwicklung, wie diess bei Sesleria vorkommt. Bei S. coerulea erscheinen sie als ringsum geschlossene, stiefelartig abgestutzte oder unregelmässig ausgeschnittene membranöse Scheiden ††). Bei andern Gräsern kommt nicht selten zufällig und

---

*) So z. B. das unterste Schwindeblatt von Triticum, Secale, Oryza etc., während die folgenden nicht ganz umfassend sind; bei Glyceria fluitans und aquatica sind mehrere untere Schwindeblätter ringförmig.

**) So besonders schön bei Melica altissima und Phalaris arundinacea.

***) So sehr schön die unteren Schwindeblätter von Lolium, Poa compressa, Cynosurus, Dactylis. An dem untersten schliessen sich die schief absteigenden Ränder oft noch zusammen. Das Uebersehen dieser Schwindeblätter hat bekanntlich bei Lolium zu dem Fehler verleitet, die Hüllspelze des Aehrchens für das Tragblatt desselben zu halten. Bei oberflächlicher Betrachtung ist dieser Irrthum zu entschuldigen, aber unbegreiflich ist es, wie man das richtige Verhältniss deutlich sehen, ja selbst abbilden, und die falsche Erklärung dennoch beibehalten kann, wie es Turpin gegangen ist. Vergleiche dessen Abbildung von Lolium perenne im Dict. des sc. nat. und die dazu gegebene Erklärung der Figuren.

†) So z. B. das unterste, aber nicht immer unterscheidbare Schwindeblatt von Alopecurus agrestis.

††) Diesen stiefelartigen folgt noch ein oder das andere einseitig ausgebildete Deckblatt; am Grunde der obersten Seitenährchen dagegen sind sie, wie bei anderen Gräsern, spurlos verschwunden. Bei Oreochloa sind sie weniger stark ausgebildet und auch die untersten nur einseitig. Vergl. hierüber auch Röper, zur Flora Meklenburgs II. p. 42.

Digitized by Google

ausnahmsweise eine ähnliche Ausbildung des ersten Blatts der Inflorescenz vor. In sonderbarster Weise und zwar häufig habe ich diese Erscheinung bei Glyceria aquatica gesehen. Das hier vorkommende Uebergangsblatt, in dessen Achsel der erste sogenannte Halbquirl der Rispe steht, hat eine unentwickelte, bloss schwielenartige Mitte, während die Seitentheile, auf der der Mitte gegenüberliegenden Seite verwachsend, eine sehr bedeutende Entwicklung erlangen. Dadurch entsteht der Anschein, als ob das Tragblatt dem Zweig gegenüberstehe. Es erreicht eine oft bedeutende Grösse und mehr oder weniger laubartige Ausbildung, indem es sich in Scheide und Spreite gliedert. Die Scheide erreicht meist eine Länge von 1½ bis 2″; die darauf befindliche, ungefähr ebensolange Spreite ist wegen des Fehlens der Mitte doppelt, die 2 Hälften unter stumpfem Winkel divergirend. Zu den Gräsern, bei welchen das Schwinden der Blätter im Blüthenstand am vollständigsten stattfindet, so dass selbst das unterste oft keine Schwiele hinterlässt, gehören Catapodium, manche Eragrostis-Arten, Eleusine, Digitaria, Sorghum. In den Aehrchen endlich taucht die Blattbildung wieder auf, oft allmähliger, wie z. B. bei Oryza*), und allen Gräsern, deren erste Hüllspelze sehr klein ist (Vulpia, Airochloa, Anthoxanthum); oft plötzlicher, wie bei allen Gräsern mit 2 grossen Hüllspelzen (Holcus, Phalaris). Bei den meisten vielblüthigen Gräsern zeigt sich hierauf ein deutliches Wachsen und Fallen in der Aufeinanderfolge der Hochblätter des Aehrchens, indem die ersten sterilen Spelzen kürzer sind, als die folgenden fertilen, welche selbst gegen die Spitze des Aehrchens wieder an Grösse abnehmen**). Seltener sind die ersten Spelzen die grössten, so dass ein bloss

---

*) Bei Oryza beginnt das Aehrchen mit 4 sterilen Spelzen, auf welche nur eine fertile folgt. Die 2 oder 3 ersten sterilen Spelzen erscheinen nur als kleine Zähne. Leersia unterscheidet sich von Oryza bloss durch die noch geringere Ausbildung der 4 ersten Spelzen des Aehrchens.

**) So z. B. bei Bromus, Festuca, Poa, Dactylis, Secale, Melica, Molinia, Phragmites, Chloris.

Digitized by Google

fallendes Verhältniss eintritt*). Das Umgekehrte, ein bloss steigendes Verhältniss der Spelzen des Aehrchens, zeigen viele einblüthige Gräser, namentlich der schon erwähnte Reis und die meisten mit Panicum verwandten Gattungen**).

Von der untergeordneten Schwindegegend am Eingang der Hochblattformation, wo diese sich selbstständiger abscheidet, kommen wir zur Betrachtung desjenigen Uebergangs, bei welchem das Schwinden der Blattbildung am gewöhnlichsten ist, zu dem Uebergang von der Hochblattformation zur Blüthe. Hier, wo der bedeutendste Umschwung in der Metamorphose eintritt, wo die Blattbildung in neuer Anordnung und verändertem Gewand wiederkehren soll, geht am häufigsten eine völlige Zurückziehung derselben voraus, so dass die Uebergangsregion zur Blüthe als die hauptsächlichste Kluft der Metamorphose bezeichnet werden muss. Das hier eintretende Schwinden der Blattbildung kann sich entweder bloss über einen letzten Theil oder auch über die ganze Hochblattformation erstrecken, ja es kann selbst in die äusseren Formationen der Blüthe hineingreifen. Von dem ersten Falle, in welchem nur ein letzter Abschnitt der Hochblattformation zum Schwinden kommt, haben wir schon oben Beispiele gesehen an den Korbblüthigen mit nacktem Blüthenstandboden nach ausgebildetem Hüllkelch und an den Doldengewächsen mit Döldchen, deren äussere Strahlen in den Achseln der Involucellblätter entspringen, während die inneren keine sichtbaren Deckblätter besitzen. An trauben- oder ährenartigen Blüthen-

*) So bei Triodia, Agrostis, Calamagrostis.

**) Abnormer Weise kann auch bei diesen ein Fallen eintreten, wenn nämlich die Achse oder Spindel des Aehrchens noch weitere Spelzen (und Blüthen in deren Achseln) entwickelt. Ein interessanter Fall dieser Art kommt fast normal bei einem in den Gärten cultivirten Panicum vor, welches ich P. (Echinochloa) mirabile genannt habe. Diese mit P. stagninum verwandte Art zeigt sehr häufig nach den 3 gewöhnlichen Hüllspelzen und der normalen, die Blüthe einschliessenden Deckspelze noch eine zweite, kleinere Deckspelze, welche, wie die erste, eine vollkommene Blüthe in der Achsel birgt.

Digitized by Google

ständen mit verlängerter Achse kommen solche Fälle seltener vor, doch kann Castanea und Acalypha angeführt werden, bei welchen am untersten Theil der Aehre ausgebildete Hochblätter vorhanden sind, in deren Achseln die weiblichen Blüthen stehen, während die nach oben folgenden männlichen Blüthen in den Achseln von Schwindeblättern entspringen. Auch die Aroideen gehören hieher, welche am Grunde des Kolbens ein grosses, oft blumenartig gefärbtes Hochblatt besitzen, während am Kolben selbst keine weiteren sichtbar ausgebildeten Blätter mehr vorkommen. Häufiger als an derselben Achse kommt ein Schwinden der letzten Hochblätter in dem Fall vor, wo diese an einem zweiten Achsensystem sich befinden. So ist es eine sehr gewöhnliche Erscheinung, dass an der Achse traubenartiger Blüthenstände die Hochblätter (Bracteen) ausgebildet, dagegen die an den Blüthenstielen befindlichen Vorblätter (Bracteolen) unterdrückt sind. Zahlreiche Beispiele hiefür liefern die Scrophularineen*), Verbenaceen**), Labiaten***), Leguminosen†), ferner Fumaria und Corydalis,

---

*) So z. B. Digitalis, Antirrhinum, viele Linaria-Arten, Verbascum Blattaria, während bei Verbascum Thapsus und den verwandten Arten, so wie bei Scrophularia, Gratiola etc. die Vorblätter ausgebildet sind.

**) Verbena, Aloysia, wogegen Vitex ausgebildete Vorblätter zeigt.

***) Teucrium, Prunella; bei vielen anderen Gattungen der Familie sind die Vorblätter sichtbar. Scutellaria zeigt schöne Uebergänge zum Schwinden der Vorblätter, indem sie bei manchen Arten, z. B. S. alpina nur als kaum bemerkbare Wärzchen vorhanden sind. Bei Ocimum Basilicum sind sie bald ausgebildet, bald nicht. Eine lehrreiche Abstufung in dieser Beziehung zeigt Salvia. S. patens und dulcis haben einzeln in den Achseln der Deckblätter stehende Blüthen ohne sichtbare Vorblätter; S. coccinea, splendens, involucrata haben dreiblüthige, S. farinosa (trichostyla Bischoff) und confertiflora vielblüthige Knäuel ohne sichtbare Vorblätter; S. Horminum dreiblüthige Knäuel mit ausgebildeten Vorblättern der Mittelblüthe, nicht aber der Seitenblüthen; S. glutinosa endlich dreiblüthige Knäuel mit ausgebildeten Vorblättern der Mittelblüthe und der Seitenblüthen.

†) Pisum, Galega, Podalyria australis; bei Colutea und Lupinus

Digitized by Google

Hedera Helix, Mahonia, Thesium ebracteatum und rostratum*). Der andere Fall, in welchem die ganze Hochblattformation aus Schwindeblättern besteht, ist gleichfalls sehr gewöhnlich; wir finden ihn fast in der ganzen Familie der Kreuzblumigen, bei Convallaria multiflora, von der es übrigens eine Varietät mit ausgebildeten und zwar laubartigen Deckblättern giebt; bei vielen Leguminosen, z. B. Trifolium, bei den Umbelliferen ohne Involucrum und Involucellum, z. B. Anethum und Foeniculum. Auch Beispiele von mit Gipfelblüthe versehenen Pflanzen, wo also an derselben Achse nach mehreren Schwindeblättern die Blattbildung in der Blüthe wieder auftaucht, lassen sich in grosser Zahl anführen, wie z. B. Solanum, Gilia tricolor, capitata, viele Boragineen (Myosotis, Omphalodes linifolia), die meisten Hydrophylleen (Phacelia, Hydrophyllum canadense), Cistus salviaefolius und monspeliensis, Ulmaria palustris etc.

Die Unterdrückung der Blattbildung am Uebergang zur Blüthe kann, wie oben bemerkt, nicht bloss die letzte Abtheilung der Blätter vor der Blüthe, sondern auch die Eingangsformationen der Blüthe selbst treffen. So sehen wir den Kelch, wenigstens den freien Theil desselben, unausgebildet oder nur als Haarkrone erscheinend bei den Korbblüthigen, bei vielen Umbelliferen, Rubiaceen, Valerianeen, während die Blumenkrone in

---

sind die äusserst kleinen Vorblätter an der Basis des Kelches oft kaum sichtbar; bei anderen Gattungen, namentlich Phaseolus, sind sie bedeutender ausgebildet.

*) Mit Absicht habe ich bloss solche Beispiele gewählt, bei welchen das Vorhandensein schwindender Vorblätter sich schon aus dem sichtbaren Vorkommen derselben bei anderen Gattungen derselben Familie, oder selbst anderen Arten derselben Gattung, abgesehen von anderen Gründen zur Annahme desselben, ergiebt. In der Familie der Fumariaceen sind sie sichtbar bei Dielytra; in der der Berberideen bei Berberis selbst; in der Gattung Hedera bei H. capitata; in der Gattung Thesium bei allen anderen einheimischen Arten ausser den zwei oben angeführten.

Digitized by Google

diesen Familien ausgebildet ist. Kelch und Blumenkrone zusammen schwinden bei Fraxinus, während die naheverwandte Gattung Ornus beide zeigt; ebenso bei vielen Kätzchentragenden, namentlich aus der Gruppe der Betulaceen*). Das Perigonium der Monocotyledoneen schwindet bei vielen Aroideen, z. B. Calla, während es bei Pothos und Acorus sichtbar ist, ferner bei den Cyperaceen, wo es manchmal noch in Form von Borsten, dem Pappus der Compositen vergleichbar, auftritt**), und endlich bei den Gräsern, bei welchen jedoch der innere, der Corolle analoge Kreis des Perigons ganz oder theilweise in Form kleiner Schüppchen (Lodiculae) zum Vorschein kommt***).

---

*) Bei Alnus und Betula ist der Kelch an der weiblichen Blüthe ununterscheidbar, sichtbar dagegen an der männlichen; bei Carpinus und Corylus fehlt umgekehrt der männlichen Blüthe ein sichtbarer Kelch, während die weibliche ihn besitzt.

**) Die 3 Schuppen in der Blüthe von Fuirena gehören nicht dem Perigon an, sondern entsprechen, wie Nees richtig annimmt, dem innern Staubblattkreis. Sie stehen bestimmt innerhalb, nicht ausserhalb der 3 ausgebildeten Staubblätter. Im Uebrigen vergleiche man die sonst genaue Beschreibung der Fuirenenblüthe von Schlechtendal (bot. Zeit. 1845. p. 849).

***) Der innere Perigonkreis ist vollständig, aus 3 Schüppchen bestehend, bei Stypa und den Bambuseen; bei den meisten andern Gräsern ist er unvollständig, indem das nach hinten fallende Blatt fehlschlägt. Zuweilen erstreckt sich das Schwinden auch noch auf den inneren Kreis des Perigons, wie bei Crypsis, Alopecurus. Was die Gründe für die Annahme eines äusseren, stets schwindenden Perigonialkreises anbelangt, so kann hier nur soviel bemerkt werden, dass sie aus dem vergleichenden Studium der Zweiganfänge bei den Monocotyledoneen und den darauf beruhenden Regeln der Einsetzung seitlicher Blüthen entnommen sind. Unter der Voraussetzung eines doppelten Perigons steht die Grasblüthe in der Achsel ihres Deckblatts ganz ebenso wie die mit einem Vorblatt versehene Blüthe der Irideen. Auch für die Cyperaceen ist wahrscheinlich die gleiche Einsetzung der Blüthe anzunehmen, nur ist in dieser Familie das Vorblatt (die innere Deckspelze) constant unterdrückt, während es bei den Gräsern mit wenigen Ausnahmen (Trichodium, Alopecurus) ausgebildet ist.

Digitized by Google

Wir kommen nun zu den Uebergängen innerhalb der Blüthe selbst. Der Uebergang vom Kelch zur Blumenkrone entspricht dem von der Niederblattbildung zur Laubformation, und geschieht, wie dieser, ohne oder mit unmerklichem Rückzug der Blattbildung, wesshalb zwischen diesen beiden Formationen auch nie ein Schwinden der Blattbildung vorkommt. Wir haben oben in vielen Fällen innerhalb des Kelches ein Wachsen der Blattbildung gesehen und darin den Ausdruck des in der ersten Hälfte der Blüthe stattfindenden erneuten Aufschwunges der Blattbildung erkannt; das Umgekehrte, ein der Succession der Kelchblätter folgendes Fallen in der Grösse derselben, worin eine Einbuchtung der zur Blumenkrone sich aufschwingenden Steigungslinie ausgesprochen wäre, ist eine seltene und nur in schwachen Andeutungen vorkommende Erscheinung. So findet man z. B. bei Gentianen, Geranien, Nicotiana, ja auch bei Rosen und Brombeeren die inneren Kelchblätter um etwas weniges kürzer als die äusseren. Von allen derartigen Fällen zeigt der Kelch von Acanthus die auffallendste, aber bei der Unregelmässigkeit der ganzen Blüthe wohl nicht bloss auf diese Weise zu erklärende Beschaffenheit. Er besteht aus 4 Stücken: einem oberen breitesten und längsten (dem zweiten Kelchblatt); einem unteren etwas schmäleren und kürzeren, welches 2 Spitzen hat (es ist aus der Verwachsung des ersten und dritten Kelchblatts gebildet); endlich zweien seitlichen, welche weiter nach innen stehen und weit kürzer sind als das obere und untere Stück *). Diese kleinen seitlichen Kelchblätter sind das vierte und fünfte, also die 2 letzten Blätter des Kelchs. Dem Kelche voraus gehen 2 sehr schmale linienförmige Vorblätter, welche etwa die halbe Länge des Kelches besitzen; ein breiteres und längeres, an den Rändern mit scharfen Zacken versehenes Deckblatt trägt die Blüthe in seiner Achsel. Hier sehen wir also vom Deckblatt zu den Vorblättern Fallen, von den Vorblättern zu den 3

*) Die 2 seitlichen Stücke sind 1½ — 2‴ lang, das untere ungefähr 15‴, das obere 17‴.

Digitized by Google

äusseren Kelchblättern Steigen, von diesen zu den 2 inneren wieder Fallen, und endlich von diesen zur Corolle wieder Steigen der Blattbildung.

Was beim Uebergange vom Kelch zur Krone nur in seltenen und schwachen Andeutungen vorkommt, das ist dagegen beim Uebergang von der Krone zur Staubblattformation eine häufigere Erscheinung. Wie die Hochblattformation sich nicht selten durch eine bis zum Schwinden der Blattbildung gehende Einsenkung von der Laubregion abscheidet, so sehen wir auch die Staubblattformation öfters sich auf ähnliche Weise durch eine Schwinderegion von den vorausgehenden Formationen abscheiden. In welchen Fällen die dem Schwinden unterliegenden Theile, die einen oder mehrere Kreise einnehmen können, als unterdrückte innere Blumenblätter, in welchen dagegen als unterdrückte Staubblätter zu betrachten sind, ist manchmal schwer zu entscheiden. Als nicht zur Ausbildung kommende Blätter sind sie, an und für sich betrachtet, weder das eine, noch das andere; die vergleichende Untersuchung weist jedoch darauf hin, dass die Schwindekreise allerdings bald der einen, bald der anderen Seite zuzurechnen, und in diesem Sinne bald als innere Blumenkronen, bald als äussere Staubblattkreise zu betrachten sind. So hat man z. B. Grund bei den Primulaceen den Schwindekreis für eine innere Blumenkrone zu halten, da der entsprechende Kreis der Blüthe sich bei einigen Gattungen der verwandten Familie der Myrsineen (z. B. bei Jacquinia), so wie bei vielen Gattungen der gleichfalls verwandten Sapoteen wirklich in Form einer inneren Corolle, nie aber in Form eines Staubblattkreises ausgebildet findet. Dasselbe gilt von den Ericaceen, bei welchen ich den Schwindekreis abnormer Weise an Erica baccans als innere Blumenkrone entwickelt gesehen habe. Bei den Jasmineen kommt dasselbe vor, indem einige Jasminumarten die innere Blumenkrone fast normal zeigen. Bei den Oxalideen und Geraniaceen ist gleichfalls eine schwindende innere Blumenkrone anzunehmen, deren Spur in Form von Drüsen oder Schüppchen vorhanden ist. Bei abnormen Blüthen von Pelargonium fand ich öfters einige Theile derselben wirklich in Form von

Digitized by Google

Blumenblättern ausgebildet. Dass der Schwindekreis bei den Geraniaceen als innere Blumenkrone zu betrachten ist, wird noch bestimmter durch das Anordnungsverhältniss der Blüthentheile der dieser Familie angehörigen Gattung Monsonia bewiesen. Monsonia besitzt nämlich nicht bloss 2, sondern 3 fünfzählige Staubblattkreise, welche durch $\frac{1}{3}$ Prosenthese in ein ternäres Abwechslungsverhältniss gestellt sind, während der Schwindekreis noch dem binären Abwechslungsverhältniss (durch $\frac{1}{2}$ Prosenthese) angehört. Bei den Crassulaceen mag der Schwindekreis gleichfalls als innere Corolle betrachtet werden, wiewohl die Anhaltspunkte dazu weniger direkt sind. Dagegen ist in anderen Fällen der Schwindekreis entschieden ein äusserer Staubblattkreis, so unter den Monocotyledoneen bei den Burmanniaceen und Pontederaceen; unter den Dicotyledoneen bei manchen Malvaceen und Tiliaceen, z. B. Helicteres, Hermannia; ferner bei den Ampelideen und Rhamneen. Beides vereinigt, d. i. zwei Schwindekreise, eine unterdrückte innere Corolle und ein unterdrückter äusserer Staminalkreis zugleich, kommt vor bei den Crassulaceen, die nur einen ausgebildeten Staubblattkreis besitzen, wie z. B. bei Crassula und Tillaea; ebenso bei Erodium aus der Familie der Geraniaceen und dem verwandten Linum; bei Blaeria und Azalea aus der Familie der Haiden*). Wie wir bei dem früher betrachteten Verhalten des Uebergangs zur Blüthe gesehen haben, dass häufig die ganze vorausgehende Hochblattformation zum Schwinden kommt, so wiederholt sich diess auch hier. Nicht bloss eine innere Abtheilung, sondern die ganze Blumenkrone kann schwinden. Eine Annäherung dazu haben wir schon früher in den Ausnahmsfällen gesehen, in welchen die Höhe der Blattbildung innerhalb der Blüthe nicht in der Blumenkrone, sondern schon im Kelch erreicht wird, während die Blumenblätter klein und

*) In diesen und ähnlichen Fällen fehlt scheinbar kein Kreis, indem bei Unterdrückung zweier aufeinanderfolgender Kreise die Alternation der ausgebildeten Kreise wieder hergestellt ist.

Digitized by Google

kümmerlich erscheinen *). Durch solches Schwinden entstehende apetale Blüthen **) kommen in sehr zahlreichen Familien vor und lassen sich aus den richtig erkannten Verwandtschaftsverhältnissen meist in ihrer wahren Natur leicht beurtheilen. So stimmt z. B. die Gattung Glaux so sehr mit den im Typus der Blüthe so scharf bestimmten Primulaceen überein, dass man nicht zweifelhaft sein wird die Blumenblattlosigkeit dieser Gattung einem Schwinden zweier Blumenblattkreise zuzuschreiben. Die Chenopodiaceen, Amarantaceen und Scerantheen schliessen sich so unverkennbar an die mit Blumenblättern versehenen Familien der Ordnung der Caryophyllinen (namentlich an die Alsineen) an, dass man sie unbedenklich als durch Schwinden der Blumenkrone entstandene Apetalen betrachten wird, zumal wenn man in Betracht zieht, wie auch unter den Sileneen und Alsineen ein solches Schwinden in einzelnen Fällen eintritt und sich sogar bei einer und derselben Art, mitunter in allen Abstufungen, nachweisen lässt, wie z. B. bei Stellaria media, welche mit sehr verschiedener Grösse der Blumenblätter bis zum spurlosen Verschwinden derselben (var. apetala) vorkommt. Aehnlich verhält es sich mit der Blumenblattlosigkeit von Peplis unter den Weiderichartigen, Isnardia unter den Onagreen, Chrysosplenium unter den Saxifrageen, Sterculia unter den Tiliaceen, Pistacia unter den Therebinthaceen. Bei Phytolacca decandra schwindet die fünfzählige Blumenkrone zugleich mit einem 10zähligen äusseren Staubblattkreis, welcher letztere bei Ph. icosandra ausgebildet vorhanden ist.

Ich füge diesen schon allzuweit ansgedehnten Bemerkungen über den untergeordneten Rückzug der Blattbildung, welcher sich beim Uebergang

---

*) Siehe p. 82 und 83.

**) Um Missverständnissen vorzubeugen bemerke ich, dass nicht alle apetalen Blüthen durch Schwindeverhältnisse zu erklären sind. Es giebt Familien, in welchen die Metamorphose wirklich direkt von der Kelchbildung zur Staubblattbildung fortschreitet ohne eine der Corolle entsprechende unterdrückte Zwischenbildung. So z. B. bei den Polygoneen und Laurineen.

Digitized by Google

zur Staubblattformation häufig einstellt, und welcher eine selbstständigere Abscheidung und Hervorhebung dieser wichtigsten Abtheilung der Blüthe zur Folge hat, nur noch bei, dass sich dadurch auch das früher als scheinbare Ausnahme erwähnte*) steigende Verhalten in der Aufeinanderfolge der Staubblätter oder Staubblattkreise erklärt, genau entsprechend dem Steigen in der Grösse der Hochblätter, das wir oben bereits betrachtet haben**). Es zeigt sich diese Erscheinung z. B. bei Aloë, Anthericum, Ornithogalum, bei welchen die 3 inneren Staubblätter länger sind, als die 3 äusseren; ferner bei den Cruciferen in dem bekannten tetradynamischen Verhalten; bei Asarum mit 6 äusseren kürzeren und 6 inneren längeren Staubblättern; bei Rheum mit 6 äusseren kürzeren und 3 inneren längeren; bei Polygonum mit 5 äusseren kürzeren und 3 inneren längeren; bei Oxalis und Limnanthes mit 5 äusseren kürzeren und 5 inneren längeren; bei Monsonia mit 10 äusseren kürzeren und 5 inneren längeren; endlich am schönsten bei Hibiscus und anderen Malvaceen, bei welchen zahlreichere 5zählige Staubblattkreise sich zur mehr oder minder reich besetzten Säule übereinanderthürmen. Die meisten Ranunculaceen, besonders entschieden Anemone, zeigen bei acyclischer Spiralstellung der Staubblätter gleichfalls eine allmählige Längenzunahme derselben und manche am Schlusse der Formation auch wieder eine Abnahme, wie z. B. Paeonia Moutan, deren innerste, verkürzte und verkümmerte Staubblätter, indem sie unter sich verwachsen, den bekannten purpurrothen Kranz um die Fruchtknospe bilden, in welchem Decandolle eine der hauptsächlichsten Stützen seiner Lehre vom Torus zu finden glaubte***).

Das zuletzt betrachtete Gebilde der chinesischen Gichtrose führt uns zur Betrachtung des Uebergangs von der Staubblattformation zur Frucht,

---

*) Siehe p. 85.
**) Siehe p. 89.
***) Decand. Organogr. I. p. 484.

Digitized by Google

der letzten Kluft, welche die Pflanze auf ihrem Wege zum Ziel zu überschreiten hat. Es tritt bei diesem Uebergang zur letzten Stufe der Metamorphose noch weit häufiger als bei dem Uebergang von der Blumenkrone zur Staubblattformation eine völlige Unterdrückung der Blattbildung ein, ein Umstand, der für die richtige Einsicht in den Bau der meisten Blüthen von besonderer Wichtigkeit ist. Nur bei den Monocotyledoneen, bei welchen überhaupt die Formationen weniger scharf geschieden erscheinen, ist ein direkter, nicht durch zwischenliegende Schwindekreise unterbrochener Uebergang der häufigere Fall, während bei den Dicotyledoneen ein solcher nur in wenigen Familien, namentlich solchen, welche auch in anderen Beziehungen den Monocotyledoneen sich verwandt zeigen, als Regel, in vielen anderen gar nicht, oder nur bei einzelnen Gattungen vorkommt. Hierin findet auch die Seltenheit der abnormen Uebergänge zwischen diesen beiden Formationen, der Umwandlung *) der Staubgefässe in Fruchtblätter oder rückschreitend der Fruchtblätter in Staubgefässe ihre Erklärung **), während die Ueber-

*) Ich bediene mich dieses Ausdrucks in dem schon früher (p. 64) erläuterten Sinn.

**) Das Vorkommen solcher Uebergänge ist in den meisten Fällen eine sichere Anzeige, dass keine Schwindekreise vorhanden sind, doch müssen die Fälle genau geprüft werden, damit nicht eine blosse Vermehrung der Theile der einen oder anderen Formation, wie sie durch ein verändertes Stellungsverhältniss oder durch Axillarbildung eintreten kann, für eine stellvertretende Bildungsabweichung gehalten wird. Vergleicht man in Moquin-Tandon's Teratologie die Abschnitte über Umwandlung der Pistille in Stamina (p. 218) und der Stamina in Pistille (p. 220), so findet sich, dass nach Absonderung der zweifelhaften Fälle von den zuverlässigen und genauer bekannten, die angeführten Beispiele 3 Familien von Monocotyledoneen (den Liliaceen, Colchicaceen und Palmen) und 8 Familien von Dicotyledoneen (den Ranunculaceen, Magnoliaceen, Papaveraceen, Cruciferen, Crassulaceen, Ericaceen und Primulaceen) angehören. Die meisten von diesen, so wie manche andere noch weniger bekannte Fälle habe ich selbst beobachtet. Zu den letzteren gehört z. B. die Umbildung der Fruchtblätter in Staubblätter bei Allium Schoenoprasum, welche bei dem in

Digitized by Google

gänge zwischen Kelch und Blumenkrone, so wie zwischen Blumenblatt- und Staubblattbildung verhältnissmässig weit häufiger sind. Die schwindenden Kreise müssen auch hier theils der einen, theils der anderen Grenzformation zugezählt werden, wozu das in der Frucht so häufig eintretende veränderte Stellungs- und Zahlenverhältniss in vielen Fällen ein bestimmtes Anhalten giebt. Das Schwinden eines inneren Staubblattkreises zeigen uns am überzeugendsten manche Juncus-Arten, die bald sechsmännig, bald dreimännig vorkommen *), ferner die Irideen, Gramineen und Cyperaceen **),

den Gärten cultivirten Schnittlauch ebenso gewöhnlich vorzukommen scheint als die entgegengesetzte der inneren Staubgefässe in Fruchtblätter bei dem cultivirten Sempervivum tectorum. Die erwähnte Umbildung zeigt sich beim Schnittlauch in den verschiedensten Graden; sie ist noch dadurch merkwürdig, dass die an der Stelle der 3 Carpelle auftretenden Staubblätter extrorse Antheren haben, während die Antheren der 6 normalen Staubblätter introrѕ sind, ein Fall der an das ähnliche Doppelverhalten der Antheren bei den Laurineen und Polygoneen erinnert. Sonderbar ist ferner das Vorkommen dreier weiterer kürzerer Stamina, welche mit den 3 die Stelle der Carpelle vertretenden verwachsen sind, und welche ich nur für Axillargebilde halten kann nach Art der bei gefüllten Blüthen vorkommenden (vergleiche Anmerk. p. 84). Innerhalb der aufgelösten, in Staubblattbildung übergegangenen Fruchtknospe zeigt sich in diesem Falle eine mehr oder weniger vollständig ausgebildete neue, deren Theile mit denen des vorausgehenden Quirls abwechseln. Ein anderer, wie es scheint gleichfalls weniger bekannter, aber ebensohäufiger Fall kommt an dem cultivirten Meerrettig (Armoracia rusticana) vor. Die 2 Fruchtblätter verwandeln sich hier mehr oder weniger vollständig in Staubblätter, wogegen 2 weitere, in der normalen Blüthe fehlende Theile als Fruchtblätter zum Vorschein kommen. Den umgekehrten Fall, die Verwandlung sämmtlicher Staubblätter in Fruchtblätter, zeigt Cheiranthus Cheiri gynantherus Dec., eine in den Pariser Gärten zur Varietät gewordene Missbildung, welche ich der Güte des H. Gay verdanke.

*) Juncus supinus ist gewöhnlich dreimännig, die Varietät, welche man für J. nigritellus Don gehalten hat, sechsmännig.

**) Wenigstens bei den Cyperinen; die Caricinen mögen sich anders verhalten. Vergleiche unten.

Alisma und Actinocarpus*), Cerastium semidecandrum und tetrandrum, Moenchia quaternella, die viermännigen Sagina-Arten, die fünfweibigen Glockenblumen, z. B. Campanula Medium**); Drosera***), Tamarix†), Viola etc. Ein äusserer Fruchtblattkreis dagegen schwindet bei Triglochin palustre, während bei Tr. maritimum beide Kreise ausgebildet sind; ebenso bei den meisten zweiweibigen (d. h. mit 2 Fruchtblättern versehenen) Solanaceen, während bei Nicotiana quadrivalvis die Frucht durch Ausbildung beider Kreise vierfächerig wird; ferner bei den meisten Gentianeen und Apocyneen, den Scrophularinen und Labiaten, den Gattungen der Rutaceen mit doppeltem Staubblattkreis, den zwei- und dreiweibigen Alsineen und Sileneen, so wie den fünfweibigen Gattungen Malachium und Agrostemma††). Ein innerer Staubblattkreis zugleich mit einem äusseren Fruchtblattkreis schwindet z. B. bei Stellaria media (pentandra), bei den meisten Diosmeen, Cneorum, Celastrinen, Ludwigia und Isnardia, Circaea?†††), Hederaceen und Umbelliferen etc. Bei den Polygoneen findet wahrscheinlich ein Schwinden von 1½ bis 2 Staubblattkreisen und einem Fruchtblattkreis statt. Bei Rosaceen, Pomaceen, Amygdaleen, Myrtaceen, Philadelphus kommt ganz sicher ein Schwinden mehrerer Staubblattkreise beim Uebergang zur Frucht vor; zwei Schwindekreise müssen wahrscheinlich auch bei der Blüthe der Papilionaceen zwischen der Staubblattbildung und

---

*) Alisma und Actinocarpus sind der Anlage nach neunmännig, wie Butomus.

**) Der unterdrückte Staubblattkreis erscheint als solcher ausgebildet bei der doppelten Campanula Medium der Gärten. Der erste Staubblattkreis wird in diesem Fall zur inneren Corolle, der Schwindekreis zum Staubblattkreis. Die Fruchtblätter bleiben in ihrer Form und Stellung unverändert.

***) Bei Drosophyllum sind beide Kreise ausgebildet.

†) Bei Myricaria (Tamarix germanica L.) sind beide Kreise ausgebildet.

††) Vergl. Flora 1843. Nr. 22 und folgende Blätter.

†††) Vergl. Flora 1835. I. p 179.

Digitized by Google

Frucht angenommen werden. Ein Rückblick auf die früher angeführten Beispiele des Vorkommens von Schwindekreisen beim Uebergang von Kelch und Corolle zur Staubblattformation im Vergleich mit den so eben angeführten Beispielen des Schwindens der Blattbildung beim Uebergang zur Frucht lässt bemerken, dass sie fast durchgehends verschiedenen natürlichen Familien entnommen sind, was zu der Beobachtung Veranlassung giebt, dass ein Schwinden an den beiden angeführten Uebergangsstellen zugleich zu den minder häufigen Fällen gehört. So kommt bei Primulaceen, Geraniaceen, Malvaceen bloss an der ersten; bei Rutaceen, Onagreen, Solanaceen etc. bloss an der zweiten Stelle ein Schwinden vor. Fälle, wo es in beiden Regionen eintritt, bieten die apetalen Caryophyllinen, z. B. Stellaria media apetala, Scleranthus; ferner die apetalen Leguminosen und Rosaceen, und am überzeugendsten Limnanthes. Diese Gattung zeigt 5 Kelchblätter; mit diesen abwechselnd 5 ausgebildete Blumenblätter; hierauf, gleichfalls abwechselnd, 5 drüsenartige Schüppchen, als Spuren einer schwindenden inneren Blumenkrone; diesen folgen zwei 5zählige Kreise von Staubblättern, von denen die äusseren, den Blumenblättern gegenüberliegenden, kürzer, die inneren, den Kelchblättern gegenüberliegenden länger sind; endlich 5 Carpelle, welche den inneren Staubblättern gegenüberstehen, also einen Schwindekreis voraussetzen.

An der Stelle der Schwindekreise treten bei manchen Pflanzen zwischen Blüthe und Frucht Zwischengebilde auf, welche die Schroffheit des Uebergangs von der scharfen und vergänglichen Stamenbildung zur ruhigen und nachhaltigen Bildung des Carpell's mildern. Manchmal sind diese Uebergangsgebilde nur kümmerlich, wie z. B. der Drüsenkreis, der in der Blüthe des Zimmetbaums den drei Staubblattkreisen folgt; manchmal sind sie ausgebildeter, wie die zwei Kreise lanzettförmiger, wellenrandiger Blättchen innerhalb der Staubblattkreise der Aquilegia und das obenerwähnte Gebilde der Paeonia Moutan. Es ist merkwürdig, dass diese Uebergangsbildung zuweilen vollkommen die Gestalt einer inneren Corolle annimmt. Wir haben

Digitized by Google

bereits oben auf die Verwandtschaft des Kelchs mit der Frucht aufmerksam gemacht; wie nun im Aufsteigen vom Kelch zur Stamenbildung zwischen beiden die Corolle liegt, so sehen wir hier im Absteigen von der Stamenbildung zur Fruchtbildung die Blumenblattbildung als „Perigynium" wiederkehren. Bei manchen Linden ist die Aehnlichkeit des Perigyn's mit der Blumenkrone vollkommen, während bei anderen Arten derselben Gattung normal gebildete Staubblätter seine Stelle einnehmen. Weniger ausgesprochen ist die Blumenblattähnlichkeit des Perigyn's bei den Büttneriaceen und Dombeyaceen; bei den Malvaceen, besonders deutlich bei Hibiscus, bildet es das Innere der Röhre, an deren Aussenseite die Staubblattkränze in verschiedener Höhe abgehen.

Zuletzt haben wir noch den Fall zu betrachten, in welchem bei dem letzten Uebergangsschritt der Metamorphose das Schwinden eine solche Ausdehnung gewinnt, dass die ganze Staubblattformation verschlungen, oder umgekehrt, wo sie auftritt, die Fruchtbildung unterdrückt wird. Die Nothwendigkeit beider Formationen zur Fortpflanzung bringt es mit sich, dass in diesem Falle die Pflanze, auf demselben Stocke vereinigt oder auf verschiedene Stöcke vertheilt, zweierlei Blüthen trägt, Staubblattblüthen (männliche) und Fruchtblattblüthen (weibliche). Beispiele dieser Art finden sich nicht bloss einzeln in den verschiedensten Familien zerstreut, sondern es giebt selbst ganze Familien, in welchen dieses Verhalten als Regel auftritt. Zu den ersteren gehören die zweihäusigen Arten der Gattungen Lychnis, Silene, Rhamnus, Rumex, ferner aus der Familie der Crassulaceen die Gattung Rhodiola, aus der Verwandtschaft der Lilien die Gattungen Smilax und Ruscus, von Gräsern Zea und Coix; zu den letztern gehören die Palmen und Cucurbitaceen. Bei diesen allen haben männliche und weibliche Blüthen denselben Typus, sind aber in der Ausbildung verschieden, indem die Pflanze in dem schematisch begrenzten Raume einer Blüthe die Gegensätze der Staubblatt- und Fruchtbildung nicht zu vereinigen vermag. In der männlichen Blüthe sinkt die Blattbildung nach Hervorbringung der

Digitized by Google

Staubgefässe herab, ohne sich wieder zur Fruchtbildung erheben zu können; in der weiblichen Blüthe erreicht sie diese durch einen früheren, die Staubgefässe unterdrückenden Rückzug der Blattbildung, wodurch der Raum zum Wiederauftauchen derselben in der Fruchtbildung gewonnen wird *).

Von der Betrachtung des Wogengangs, den die Metamorphose der Pflanze in ihren grossen Aufschwüngen und Niedergängen befolgt, wenden wir uns nun zur Betrachtung der einzelnen Schritte, in welchen sie ihren Gang vollführt, der einzelnen Blätter. Die Blätter erscheinen uns als die einzelnen Wellen in dem grossen, in gesetzlicher Priodicität schwellenden und sinkenden Strome der Pflanzenbildung. Wie wir den Spross als zuerst untergeordnete Verjüngung der Pflanze, wie wir ferner an dem Spross die Regionen und Formationen als Verjüngungskreise der Metamorphose betrachtet

---

*) Es verhalten sich übrigens nicht alle diclinischen Blüthen auf gleiche Weise, vielmehr giebt es grosse und wesentliche, aber oft schwierig auszumittelnde Verschiedenheiten in der Bildung der Blüthen mit getrennten Geschlechtern. Während in dem oben betrachteten Falle die eingeschlechtige Blüthe bloss als einseitige Ausbildung einer Zwitterblüthe erscheint, beruht in anderen Fällen ihre Entstehung, wie das Geschlecht bei den Thieren, auf der verschiedenartigen Ausbildung der nach ihrer Stelle in der Blüthe gleichen Theile, wie diess z. B. bei der Weide der Fall ist, bei welcher die gleichen Blätter in der männlichen Blüthe als Staubblätter, in der weiblichen als Fruchtblätter erscheinen. Die Beobachtungen, welche ich an sogenannten Zwitterblüthen von Carex, namentlich C. stricta, gemacht habe, scheinen dasselbe für diese Gattung zu beweisen. Ein Fall, der zwischen den beiden erwähnten Arten der Entstehung eingeschlechtiger Blüthen die Mitte hält, findet sich bei Hydrocharis. Die Blüthe besteht bei dieser Pflanze aus 6 alternirenden dreizähligen Quirlen. Der erste und zweite verhalten sich bei der männlichen und weiblichen Blüthe gleich (Kelch und Corolle). Der dritte, vierte und fünfte erscheinen in der männlichen Blüthe als ausgebildete Staubblätter, während der sechste aus Stummeln besteht, die bald als Staminodien, bald als verkümmerte Pistille bezeichnet werden. In der weiblichen Blüthe dagegen erscheint der dritte und vierte in Form von Stummeln (Staminodien und Nectarien der Autoren), während der fünfte und sechste in Form von Fruchtblättern zur vollkommenen Ausbildung kommt.

Digitized by Google

haben, so haben wir nun die einzelnen Blätter (nebst den sie tragenden Stengelgliedern) als Verjüngungsglieder innerhalb dieser grösseren Kreise zu betrachten. In dieser Sphäre tritt uns die Lehre von der Verjüngung der Pflanzen bereits als solche ausgesprochen und zum System entwickelt in der neueren wissenschaftlichen Literatur entgegen *), aber freilich in einer, trotz vieles Treffenden und Anregenden, im Ganzen der Ausführung wenig brauchbaren Weise, weil es ihr an der festen morphologischen Grundlage fehlt **). Die Schultz'sche Verjüngungslehre hebt treffend den Unterschied von thierischer und pflanzlicher Verjüngung hervor: Die Thiere wiederholen, wie Schultz sich ausdrückt ***), den Gegensatz von Aufleben und Absterben, dessen Einheit die Verjüngung bildet, in allen ihren inneren Organen, und diese selbst werden daher continuirlich aufgelöst und wiedergebildet, wobei die abgelebten Theile als Mauserstoffe ausgeworfen werden. Die Pflanzen dagegen verjüngen die einmal fertigen inneren Organe nicht, sondern wiederholen den Gegensatz von Aufleben und Absterben nur in ihrer äusseren Gliederung, indem sie über die fertigen Gebilde hinaus immer zu neuen Productionen fortschreiten. Diese Eigenthümlichkeit liegt in der Natur des Pflanzenwachsthums, welches allein durch Wiederholung derselben Theile, durch Anaphytosis, geschieht. Dass nun Schultz mit dieser Lehre von der Anaphytose der Pflanzen die Metamorphosenlehre bekämpft, ist ein unbegreiflicher Wiederspruch, durch welchen die ganze Lehre sich selbst ihr Ziel

*) C. H. Schultz, die Lehre von der Anaphytose oder Verjüngung der Pflanzen, ein Schlüssel zur Erklärung des Wachsens, Blühens und Fruchttragens der Pflanzen (1843), und neues System der Morphologie der Pflanzen nach den organischen Bildungsgesetzen (1847).

**) Es ist hier nicht der Ort diess durch Nachweisung der morphologischen Irrthümer in den genannten Werken weiter auszuführen; der in morphologischen Untersuchungen geübte Botaniker findet für obige Behauptung fast in jedem Paragraphen den Beweis, z. B. im §. 34, wo von Blättern in Blattachseln und Knospen in Zweigachseln gabeliger Stengel die Rede ist. Vergl. auch die Recension von Mohl in bot. Zeit. 1843. p. 667.

***) Die Lehre von der Anaphytose p. 89.

Digitized by Google

abschneidet. Die Lehre von der Anaphytose, welche sich als die Lehre von der beständigen Selbstverjüngung der Pflanzen durch die lebendige Wiederholung derselben Theile bezeichnet, welche sich die Aufgabe stellt, das Gesetz dieser den ganzen Pflanzenwachsthum charakterisirenden Wiederholung darzustellen, kann in Wirklichkeit nicht im Wiederspruch sein mit der Lehre von der Metamorphose der Pflanze, welche ja gleichfalls auf die ursprüngliche Gleichheit der in verschiedener Gestalt sich wiederholenden Pflanzentheile zurückführt*). Da die Verjüngungsglieder der Pflanze (Anaphyta) in ihrer Aufeinanderfolge sich nicht völlig gleich verhalten, sondern in einer Reihe von Modificationen erscheinen, so kann eben nur die Metamorphosenlehre die Anaphytosenlehre vollenden, indem sie die Aufgabe hat das Gesetzmässige in den verschiedenen Erscheinungsweisen der wesentlich gleichen Theile, den bestimmten, durch eine Reihe von Stufen fortschreitenden Umgestaltungsgang der Anaphyta darzustellen. Wie das Thier mit seinem inneren Verjüngungsprozess eine Metamorphose verbindet, so auch die Pflanze mit ihrem äusseren, nur erscheint die Metamorphose der Pflanzen, der Eigenthümlichkeit ihrer Anaphytose entsprechend, nicht als innere Umschmelzung des Organismus, wie beim Thier, sondern als äusserlich fortbauender, stufenreichender Bildungsprozess. Eine Anaphytosenlehre ohne Anerkennung der Metamorphose raubt der Pflanze ihr innerstes Lebensprincip, das Princip der Entwicklung, der stufenweisen Offenbarung ihres inneren Lebensgrundes; sie läugnet Fortschritt und Ziel des vegetabilischen Bildungsprozesses und ist genöthigt die Verschiedenheit der Verjüngungsglieder dem Zufall der äusseren Einflüsse zuzuschreiben, während sich vielmehr der stufenweise Sieg der specifischen Innerlichkeit über die äussere Natur in derselben ausspricht.

Wenn es richtig ist, dass die Pflanze ihre Metamorphose in einem stufen- und gliederreihenden Verjüngungsprozess durchläuft, dass sie, in

*) „Die Pflanze stellt die verschiedensten Gestalten durch Modificationen eines einzigen Organs dar", Göthe, Metam. §. 3.

Schultz'scher Ausdrucksweise, eine in Anaphytosen fortschreitende Phytodomie besitzt, so handelt es sich zunächst darum, die Verjüngungsglieder richtig zu bestimmen. Allein gerade in dieser Grundbedingung einer richtigen Verjüngungslehre ist die Schultz'sche Darstellung verfehlt. Das „Anaphyton“ oder einfache Verjüngungsglied, durch dessen fortgesetzte Wiederholung und mannigfache Verbindung der ganze Pflanzenbau erklärt wird, wird zwar theoretisch als mit allen wesentlichen Lebensverrichtungen ausgerüstete Totalität und selbstständiges Pflanzenindividuum charakterisirt, woran man es aber in der Wirklichkeit erkennt, wie die Anaphyten auseinander hervorgehen und wie sie sich verbinden, wird nirgends klar dargestellt; es wird als allgemeines morphologisches oder phytodomisches Element bezeichnet, als Urglied aller äusseren Pflanzentheile, aus dessen verschiedenartiger Verbindung Wurzel, Stengel und Blatt, die man mit Unrecht für wesentlich verschiedene Organe der Pflanze gehalten habe, gebildet sein sollen, allein wo die Grenzen des einzelnen Anaphyton's in diesen Gebilden zu finden, wie es in seinen Verbindungen als selbstständiger constituirender Theil zu erkennen und auszuscheiden sei, das bleibt in den meisten Fällen durchaus unklar. Vieles von dem, was Schultz dem Anaphyton zuschreibt, liesse sich auf die Zelle anwenden, allein das Schultz'sche Anaphyton ist nicht die Zelle, sondern Schultz denkt sich darunter eine morphologische Einheit, für die es wesentlich ist die verschiedenen Hauptmodificationen des Gewebes, als Organe des individuellen Lebens, zu umschliessen. Eine solche morphologische Einheit, aus deren verschiedenartiger Zusammenfügung die Verschiedenheit der äusseren Theile der Pflanze sich erklären liesse, existirt aber, wie die unbefangene Prüfung leicht zeigt, in Wirklichkeit gar nicht. Verfolgen wir das Anaphyton in der Schultz'schen Construction des Pflanzenbaus, so finden wir das Verschiedenartigste ohne allen morphologischen Takt zusammengewürfelt*). Wir

*) Die Schultz'sche Lehre ist in dieser Beziehung allerdings viel bunter als der „gestaltlose Brei der Metamorphosenlehre“ (neues System p. XVII).

treffen das Anaphyton bald als durch Knoten begrenztes Stengelglied, oder als abgegliedertes Stielstück eines zusammengesetzten Blattes, bald aber auch als beliebiges Stück eines ungegliederten Stammes, das eine Knospe trägt oder fähig ist eine solche zu erzeugen, oder gar als völlig willkührliches Stück einer (als solcher ungegliederten) Wurzel, welche aus sovielen Anaphyten bestehen soll, als man Stücke aus ihr schneiden kann, welche Adventivknospen aus sich erzeugen; weiter erscheint das Anaphyton als Längsstreif eines flachen Blattes *), ja zuletzt noch als kreisförmige Verjüngungsschicht im Inneren des ausdauernden Stammes **). Auch die Blüthentheile werden theils als einfache Anaphyta, theils selbst wieder als aus Anaphyten zusammengesetzt betrachtet ***). Wenn wir diess Alles zusammenfassen, so dürfen wir uns nicht wundern, dass selbst ein Verehrer der Schultz'schen

*) Die flächenartigen Blätter sollen durch seitliche (sympleurische) Verschmelzung (Symphytose) mehrerer stielförmiger Anaphyta entstehen (neues System der Morph. p. 2).

**) Anaphytose §. 41.

***) Die Blüthe soll nicht morphologisch, sondern nur physiologisch zu begreifen sein (Anaphyt. p. XI), und doch wird ihre Bildung aus morphologischen Elementen, d. i. Anaphyten erklärt (das. p. 62). Obgleich aber, wie die individuellen Pflanzentheile, d. i. die Theile des Pflanzenstocks, aus Anaphyten gebildet, sollen die Blüthentheile doch keine wirkliche, sondern nur eine Scheinähnlichkeit mit diesen besitzen, ihrem Wesen nach ganz von denselben verschieden sein (p. 67). Da die Blüthentheile übrigens, als Anaphyta, wie die individuellen Pflanzentheile, für selbstständige Individuen erklärt werden (p. 92), und da sich in jedem Anaphyton die ganze Pflanze mit allen wesentlichen Functionen wiederholen soll, so ist nach der Schultzschen Lehre nicht einzusehen, wo die behauptete wesentliche Verschiedenheit der Anaphyten derselben Pflanze herkommt. Die Schultz'sche Unterscheidung selbst, nämlich der Anaphyta des Pflanzenstocks, als bloss individueller (geschlechtsloser) Individuen, und der Anaphyta der Blüthe (Enanaphyta), als geschlechtlicher Individuen, kann nicht als wesentliche, alle wirkliche Aehnlichkeit aufhebende betrachtet werden, da einerseits die Blüthentheile doch auch ein individuelles Bestehen haben müssen, und anderseits den Anaphyten des Pflanzenstocks in der Erzeugung neuer Anaphyten

Digitized by Google

Lehre von dem Anaphyton sagt, es sei ein Proteus, welcher, unfassbar und überall entschlüpfend, doch allen wirklichen Gestalten zu Grunde liege *). Denjenigen, welche das neue System an der lebendigen Pflanze selbst prüfen, wird aus der Schultz'schen Ausführung wohl klar sein, dass dieser Proteus ein blosses Gedankending ist, das weder für sich noch in seinen Zusammensetzungen existirt, welchem aus der Wirklichkeit die verschiedenartigsten Abschnitte des Pflanzenorganismus, theils wirklich als solche bestehende, theils rein fingirte, unterschoben werden. Die richtige Wahrnehmung, dass es an der Pflanze vielfache und in verschiedenen morphologischen Gebieten sich wiederholende Verjüngungserscheinungen und dadurch bedingte Gliederungen giebt, wird im Schultz'schen Systeme dadurch ins Verkehrte gezogen, dass alle diese wahrnehmbaren Abtheilungen (der bloss eingebildeten nicht zu gedenken) als wesentlich gleiche Glieder der Pflanze betrachtet und zu einer Anaphytenatomistik missbraucht werden, welche das Verständniss des lebendigen, die Theile aus dem Ganzen entwickelnden Gestaltungsganges der Pflanze noch weit weniger erreichen kann, als die Zellenatomistik, da ihr Atom nicht, wie die Zelle, eine wirkliche, sondern eine fingirte Einheit ist.

Schon bestimmter an die wirklichen und wesentlich gleichartigen Abtheilungen des Pflanzenbaues sich anlehnend erscheinen die vielfach wiederholten Versuche das Gewächs als eine Reihenfolge auseinanderhervorwachsender und rückwärts ineinander eingreifender Blätter darzustellen, wobei der Gedanke nahe liegt, das Gewächs als eine Generationsfolge von durch die Blätter dargestellten Individuen, die Metamorphose der Pflanze aber als einen Generationswechsel zu betrachten, durch welchen, nach zahlreichen vorbereitenden und geschlechtslosen Individuen, die Generation endlich in der Blüthe zur

---

nicht bloss individuelles Bestehen, sondern auch Fortpflanzungsfähigkeit zugeschrieben wird. Der Schultz'sche Streit gegen die Metamorphose erscheint desshalb auch von dieser Seite als ein ganz unbegründeter.

*) Siehe bot. Zeit. 1843. p. 741.

Digitized by Google

Bildung der die Reihe schliessenden geschlechtlichen Individuen gelange*). Dieser Versuch, die ganze Pflanze auf die Blattbildung zurückzuführen, ist am geistreichsten von Ernst Meyer ausgeführt**), und in neuster Zeit durch anatomische Untersuchungen unterstützt worden von Hanstein***). Auch die morphologische Construction der Pflanze durch Wiederholung und Verbindung von individuell-selbstständigen Pflanzengliedern (Phyten), deren jedes nach oben Blatt, in der Mitte Stengelglied und nach unten Wurzel sein soll, wie Gaudichaud sie giebt†), so wie der Aufbau der Pflanze aus Stockwerken, wie wir ihn in den Abhandlungen von Hochstetter über den Aufbau der Graspflanze ausgeführt finden††), gehört hieher. Alle diese Versuche die Pflanze aus Blättern zusammenzusetzen scheitern an der Existenz

---

*) Vergleiche die Ausführung in diesem Sinn bei Steenstrup, über den Generationswechsel in den niederen Thierklassen, p. 128.

**) E. Meyer, die Metamorphose der Pflanze und ihre Widersacher. Linnaea VI. (1832) p. 401.

***) Hanstein, plantarum vascularium folia, caulis, radix utrum organa sint origine distincta, an ejusdem organi diversae tantum partes. Linnaea XXXI. (1848) p. 65.

†) Gaudichaud, Recherches sur l'Organographie, la Physiologie et l'Organogénie des végétaux. 1841.

††) Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Würtemberg 1847 p. 1, und 1848 p. 144. Blatt und darunter liegendes Halmglied bilden nach Hochstetter zusammen ein Ganzes, welches er Stockwerk nennt, und welches aus drei Theilen besteht, dem Fuss (Halmglied) dem Rumpf (der Blattscheide) und dem Kopf (der Blattspreite). Das nächste Stockwerk wird vom vorausgehenden erzeugt durch Abzweigung aus dem Knoten zwischen Fuss und Rumpf. In dieser Weise wird jedes Blatt als terminale Fortsetzung des Stengelgliedes betrachtet, welches ursprüngliche Verhältniss bei Juncus an dem stielrunden und aufrechten obersten Blatt (nach H. gleichbedeutend mit der Spitze des sterilen Halms), aus welchem man die Inflorescenz seitlich aus einer Ritze hervorschlüpfen sehe, deutlich erhalten sein soll. Auch Hanstein betrachtet das Blatt als terminal, indem er behauptet jedes neue Blatt entstehe durch Erhebung des Centrum's der Vegetationsspitze. „Puncti vegetationis centrum in novum extenditur folium“ l. c. p. 83.

Digitized by Google

des Stengels als eines ursprünglich selbstständigen und zusammenhängenden Gebildes, dessen mehr oder minder deutliche Gliederung zwar von der Blattbildung abhängt, dessen erste Bildung aber der der Blätter vorausgeht. Die stufenreihende Metamorphose der Pflanze verlangt den Stengel als Brücke zwischen den Stufen; die Blattstellungslehre verlangt ihn als Boden, auf welchem die Blätter ihre geordneten Reihen bilden; die vergleichende Morphologie der niederen Gewächse zeigt die Selbstständigkeit des Stengels, indem sie uns niemals Blätter ohne Stengel, wohl aber Stengelbildung ohne Blattbildung aufweiset *); die Entwicklungsgeschichte endlich führt uns den Stengel in seiner frühsten Bildungszeit als die sichtbare Grundlage, aus welcher die Blätter sich hervorbilden, vor Augen **).

---

*) Auch in den höheren Klassen der Pflanzen giebt es Fälle von Ausbildung des Stengels ohne Blätter, wie sie als Ranken und Stachelbildung bekannt sind. Einen ebenso bekannten, aber weniger berücksichtigten Fall bieten die sterilen Halme der Simsen (Juncus conglomeratus etc.)

**) Die neueren Untersuchungen über die Anfänge der Blattbildung lassen hierüber keinen Zweifel. Man vergleiche die Arbeiten von Schleiden, namentlich über den Ursprung der Keimblätter am Embryon und der Hüllen am Eispross (Wiegmann's Archiv 1837 und anderwärts), von Mercklin (zur Entwicklungsgeschichte der Blattgestalten 1846), Adr. v. Jussieu über die Bildung der monocotyledonischen Keimlinge (Ann. des sc. nat. Juin 1839), Duchartre über die Bildungsgeschichte der Blüthentheile der Onagreen, Primulaceen, Malvaceen, Nyctagineen (Ann. des sc. nat. 1842, 1844, 1845, 1848). Selbst bei den Farnkräutern, bei welchen die Blattnatur der sogenannten Wedel mehrfach bezweifelt und bestritten worden ist, habe ich mich von der excentrischen Entstehung der Blätter um eine centrale Stengelspitze auf das unzweifelhafteste überzeugt. Die oft ellenlangen unterirdischkriechenden Stolonen von Struthiopteris germanica sind mit schuppenartigen Niederblättern besetzt, welche an der aus der Erde hervorkommenden Spitze der Ausläufer allmählig in die gewöhnlichen Laubblätter des aufrechten Stammes übergehen. Sie sind nach $\frac{3}{8}$ Stellung geordnet, ungefähr in zollgrosse Entfernung auseinandergerückt, 1″ lang, aber gegen 2″ weit herablaufend; die unentwickelten an den noch im Wachsthum begriffenen Spitzen sind dicht zusammengedrängt. Nimmt man alle Blätter, welche schon über

Digitized by Google

Eine ausführlichere Betrachtung des Stengels aus diesen vier Gesichtspunkten würde zu weit von unserer Aufgabe abführen, doch sei es erlaubt den ersten Punkt, die Bedeutsamkeit des Stengels für eine lebendig zusammenhängende, die Stufen nicht atomistisch zusammensetzende Metamorphosenlehre etwas näher zu erörtern. Wir haben oben die Blätter als diejenigen Theile bezeichnet, in deren wiederholter Bildung sich die Selbstverjüngung im Pflanzenleben vorzugsweise ausspricht, durch deren successives Auftauchen die Metamorphose ihren Stufenbau erhält. Dass dieser Stufenbau ein von den Blättern verschiedenes, nicht von ihnen selbst gebildetes Verbindungsorgan, ein Organ, das nicht in der einzelnen Stufe aufgeht, sondern vielmehr den Entwicklungsprozess über die einseitige Ausbildung der Stufe hinausführt, verlangt, diess ist es, was ich hier noch kurz hervorheben möchte, damit wir den Boden gewinnen, aus und auf welchem sich der Wellenschlag der Metamorphose bewegt. Eine allgemeine Bezeichnung der auf wesentlichen Verschiedenheiten der Bildungsrichtung beruhenden Grundorgane der Pflanze, wie die allgemeine Betrachtung des Pflanzenbaus und des Pflanzenlebens in seinen Beziehungen zur äusseren Natur sie uns aufdrängt, mag daher zur vorläufigen Orientirung nicht am unrechten Orte sein. Die Schwierigkeit einer solchen allgemeinen Auffassung mag hiebei die Unvollkommenheit der Ausführung entschuldigen.

Das Pflanzenreich, wie jedes Reich der Natur, und in ihm jede Abtheilung, jede Gattung, jede Art hat vermöge seines besonderen inneren Wesens auch seine besondere Bestimmung. Mit dieser besonderen Aufgabe tritt es als Glied in den Kreis des mannigfachen Naturlebens, das ihm theils freundlich,

---

1''' lang sind, hinweg, so bleiben noch ungefähr 8 Blattanfänge, von denen die äussersten ungefähr ⅔''', ⅓''', ⅙''' hoch, die übrigen kaum messbar sind. Die 4 innersten erscheinen als schwach gewölbte, an Grösse und Deutlichkeit abnehmende Höckerchen um einen mittleren Höcker, der grösser ist als sie, und desshalb unmöglich selbst für einen Blattanfang gehalten werden kann.

Digitized by Google

theils feindlich, theils seine Aufgabe fördernd und stützend, theils aber die Ausführung derselben hemmend und zerstörend entgegenkommt. Daher hat jedes Geschöpf, das, sich verwirklichend, in dem Ganzen des Naturkreises auftritt, den herabziehenden Einfluss der niederen Bereiche, über welche es sich zu erheben hat, zu überwinden. Dem Pflanzenreich geht voraus das Reich der gestalteten und ungestalteten Elemente, das Reich der unorganischen Natur. Wir sehen in ihm das Reich der allgemeinen Gebundenheit in Ruhe und Bewegung, das Reich der Schwere und Cohaesion, der allgemeinen mechanischen Wechselwirkung; im Einzelnen das Reich des Homogenen und Gleichbleibenden, in welchem jede Stoffveränderung zugleich Zerstörung ist, und, wo es Gestaltung gewinnt, das Reich der starren und unbeweglichen Form. In diesem ganzen Gebiete giebt es zwar eine Entwicklung der Theile des Ganzen durch abgesonderte Gestaltung des Einzelnen, aber das Einzelne selbst hat keine fortschreitende Lebensentwicklung, keine Umgestaltung als solches, keine Selbstverjüngung im Bestehen. Ueber dieses Reich der Gebundenheit erhebt sich nun in befreiterer Lebensentwicklung die Pflanze. Sie gestaltet sich nicht durch einen einfachen Bildungsakt, sondern durch einen verschiedene Momente durchlaufenden Entwicklungsprozess, in welchem sie mehr und mehr die unorganische Natur und ihre Gebundenheit überwindet, sie als Mittel sich unterordnet, in ihr und durch sie die eigene, höher begabte Natur zu immer freierer und vollkommnerer Entfaltung bringend. Die stufenweise Lösung dieser Aufgabe sehen wir in der Metamorphose der Pflanze sich verwirklichen. Die Erhebung über das Irdische, bloss Passiv-physikalische spricht sich schon in dem aufsteigenden Wachsthum aus, das mit der fortschreitenden Metamorphose stets verbunden ist*). Die einzelnen Organe aber dieser stufenweisen Erhebung, die Glieder des aufsteigenden

*) Abwärts wachsende und horizontalkriechende Stengel kommen nur bei rückschreitender oder doch auf den niedersten Stufen festgehaltener Metamorphose vor.

Digitized by Google

Wachsthums, in welchen der innere Trieb nach immer reinerer und sieg-reicherer Darstellung der eigenen Natur seine stufenweise Befriedigung findet, sind die Blätter. Es liegt in der Eigenthümlichkeit des Pflanzenlebens, dass sie auf jeder Stufe sich befestigt, jede für sich zur bleibenden, ihre Grenzen nicht überschreitenden Ausbildung bringt. Daher ist auch jedes Blatt ein begrenztes, auf bestimmter Stufe der Metamorphose unwandelbar fest-gehaltenes.

Da nun die Pflanze ihr Leben nicht in der einzelnen Darstellung erschöpft, da diese vielmehr nur Stufe ist, über welche hinaus die Metamorphose in neuen Darstellungen fortschreitet, so muss auch ein Organ vorhanden sein, durch welches dieser Fortschritt vermittelt wird, in welchem das Leben sich der Befestigung der Stufe nicht hingiebt, nicht einseitig abschliesst, das viel-mehr, an sich haltend, der Entwicklung eine Zukunft bewahrt, über jede Darstellung, die noch nicht die letzte ist, sich erhebt, als lebendiger, stets erneuter und neue Radien aussendender Mittelpunkt, der seine Bedeutung als individuelles Bildungscentrum erst dann verliert, wenn die letzten und voll-kommensten Darbildungen, die Ziel- und Schlussgebilde der Metamorphose, erreicht sind. Dieses Organ der Pflanze ist der Stengel oder die Achse. Der Stengel setzt sich gewöhnlich nicht über die letzten, der begrenzten Stufenbildung anheimfallenden Strahlen fort, seine terminale Fortbildung er-lischt ohne ein ihm selbst angehöriges Schlussgebilde zwischen den letzten Blättern des Sprosses, derselbe möge mit Blüthe schliessen oder nicht, im ersteren Falle also zwischen den Fruchtblättern *). Hiemit soll jedoch

---

*) Zu den Ausnahmsfällen, in welchen der Stengel eine über die letzten Blätter sich erhebende oder, wenn er Seitenspross ist, oft selbst ohne alle Blatt-bildung auftretende selbstständige Entwicklung bekommt, indem er selbst in strahlähnlicher Weise sich ausbildet, gehört 1) die placenta centralis libera; 2) der Ausgang in Rankenbildung; 3) der Ausgang in Stachelbildung; 4) der Ausgang in Borstenbildung (Setaria, Chenopodium aristatum); 5) die weiche nadelförmige Zweigbildung der Spargel; 6) die blattartigen

Digitized by Google

nicht behauptet werden, dass der Stengel an der Metamorphose selbst keinen Theil nimmt; vielmehr ist er es, in dessen terminaler Fortbildung sich die allmähligen Umstimmungen, welche der Metamorphose zu Grunde liegen, vorbereiten, um von da auf die sich bildenden Strahlen überzugehen, sowie der Stengel denn auch nach der Bildung der Blätter mehr oder weniger auffallend die Charaktere und Functionen derjenigen Blattformation theilt, deren Träger er ist. So sehen wir den Niederstengel farblos und ohne Spaltöffnungen, wie die Niederblätter; den Laubstengel grün und mit Spaltöffnungen versehen, wie die Laubblätter; denjenigen Theil der Blüthenachse, der die Fruchtblätter trägt, oft selbst fruchtartig ausgebildet (Fragaria). Stengel und Blätter bilden somit zusammen ein Ganzes, den aufsteigenden Pflanzenwuchs, an welchem die Metamorphose zur Erscheinung kommt, in den Blättern ihre Haltpunkte aufschlagend, durch Vermittlung des Stengels zu weiteren Stufen fortschreitend.

Dem aufsteigenden Pflanzenwuchs, als Ganzem, entgegen steht die Wurzel, ohne welche er bodenlos erschiene. In dem allgemeinen Naturverband muss alles Höhere auf dem Niederen fussen, in und aus ihm sich hervorbilden, in dem niederen Reich seinen Boden finden, das Material seiner Verwirklichung suchen, sich somit auch in das Niedere, das überwunden werden soll, versenken und es aufnehmen. Diese nothwendige, zunächst der eigentlichen Aufgabe entgegenstrebende, aber in der Folge doch ihr wieder

---

Stengelspitzen und Zweige von Ruscus, Medeola asparagoides; 7) die obenerwähnten sterilen Halme von Juncus, welche für sich allein die Stelle der Laubformation vertreten, da sie an ihrer Basis bloss Niederblätter tragen. Die Entwicklungsgeschichte dieser ungeheuren blattlosen Stengelspitzen verdient eine genauere Untersuchung; soweit ich dieselbe verfolgen konnte fand ich nichts, was berechtigen könnte, diese grünen Halme für Blätter zu halten, namentlich keine Scheide an ihrem Grunde. Die kleinsten und jüngsten, deren Präparation mir möglich war, erschienen immer schon als verlängertkegelförmige Spitzen, ohne dass ein anderes Punctum vegetationis unterschieden werden konnte.

Digitized by Google

dienende Lebensrichtung ist es, welche in der Wurzel ihre Darstellung findet. Die Wurzel, als Niederwuchs, bildet sich im Gegensatz nicht bloss des Stengels, sondern des ganzen Aufwuchses der Pflanze; sie folgt in ihrem Wachsthum ursprünglich rein dem Zug der Schwere, senkrecht abwärts dringend und erst in ihren Zweigen in abweichende Richtungen ablenkbar; so giebt sie der Pflanze ihre Basis und Verbindung mit dem unorganischen Boden und liefert vorzugsweise den Stoff, durch dessen Umbildung und Unterordnung die ganze Pflanze sich verwirklicht. Ihrer Wachsthumsrichtung entsprechend steht sie im Wiederspruch mit der ganzen aufsteigenden Entwicklung der Pflanze; sie hat daher auch keine Metamorphose. Aus demselben Grunde fehlen ihr die Blätter, als die Schritte im Gang der Metamorphose.

So erscheinen uns denn Stengel, Blatt und Wurzel als wesentlich verschiedene Theile des vegetabilischen Organismus, als auf der Verschiedenheit der Bildungsrichtungen des Pflanzenlebens beruhende Grundorgane desselben. Ihre sichere und scharfe Unterscheidung ist die Grundfeste der Morphologie. Führt uns das Studium der niederen Gewächse auf Bildungen, in welchen die verschiedenen Richtungen des Pflanzenlebens noch nicht scharf gesondert erscheinen, so ist diess kein Grund ihre wesentliche und unwandelbare Verschiedenheit da zu läugnen, wo sie gesondert erscheinen, wie diess in den höheren Klassen des Pflanzenreichs fast durchgehends der Fall ist.

Blätter und Stengel gehören, wie wir oben bemerkt haben, der Wurzel gegenüber als Ganzes zusammen; betrachten wir die Blätter als Strahlen, so bildet der Stengel das Centrum, ohne welches die Strahlen nicht gedacht werden können; betrachten wir sie als Wellen, so stellt der Stengel die Ebene vor, in welcher die Wellen entstehen, die Wellenthäler zwischen den Wellenbergen bildend, eine Vorstellungsweise, welche die Blattstellungslehre an die Hand giebt. Wir sehen nicht bloss am ausgebildeten Blatt, dass es nicht scharf vom Stengel geschieden ist, sondern sich allmählig in ihn verläuft, wie die Bildung der Blattkissen, herablaufenden Ränder u. s. w. zeigt, sondern schon die frühste Erscheinung des Blattes, ein Anfangs kaum

Digitized by Google

unterscheidbarer, seitlich zur Schwiele sich ausdehnender (gleichsam in den Stengel zurückfliessender) Höcker, der besonders nach aussen (unten) sich ganz allmählig in den Stengel verflacht, deutet diess an. Wie nun aber das Blatt eigentlich sich bildet, wie es im Stengel seinen ersten Anfang nimmt und, sich fortbildend, aus ihm hervortritt, dass ist ein Räthsel, welches auch die neuste, so eifrig der Entwicklungsgeschichte obliegende Forschung noch nicht genügend zu lösen vermocht hat. Der Schleiden'schen Vorstellung, dass das Blatt gleichsam hervortauche aus dem Stengel, indem es mit der Spitze zuerst hervortrete und durch Fortbildung an der Basis die unteren Theile allmählig nachschiebe *), fehlt die genauere Nachweisung, welche nur durch eine vollständige, die Zellenfolge genau darlegende Wachsthumsgeschichte der Stengelspitze und der von ihr ausgehenden, sicherlich der Anlage nach schon vor ihrer höckerartigen Hervorhebung vorhandenen Blattanfänge, gegeben werden kann. Die Behauptung Schleiden's, dass das Blatt durch einen von der Spitze nach der Basis fortschreitenden Zellbildungsprozess gebildet werde, wird von Nägeli **) bestritten, welcher gestützt auf vollständige Beobachtungen der Blattbildung bei Florideen, Characeen und Moosen ***), die entgegengesetzte Behauptung aufstellt, dass das ursprüngliche Wachsthum des Blatts durch Zellenbildung an der Spitze und am Umfang, also von der Basis nach oben und aussen hin fortschreite, und nur das spätere, der letzten Ausbildung des Blatts durch Zellenausdehnung angehörige Wachsthum an der Spitze und am Umfang

*) Schleiden, Grundzüge der wissenschaftl. Botanik II. p. 113 (zweite Auflage).

**) Ueber das Wachsthum und den Begriff des Blattes (Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik 1847. p. 153); Wachsthumsgeschichte der Blätter der Laubmoose (ebendaselbst 1845. p. 175).

***) In Beziehung auf die zwei letztgenannten Familien kann ich die Beobachtungen Nägeli's durch meine eigenen vollkommen bestätigen.

Digitized by Google

beginne und nach der Basis hin fortgehe. In wie weit diese vorzugsweise von cryptogamischen Pflanzen entnommenen Ergebnisse auch auf die Blattbildung der Phanerogamen anwendbar sind, lässt sich bei der Mangelhaftigkeit der Untersuchungen über letztere, kaum mit Sicherheit bestimmen. Die der ursprünglichen (ohne Zweifel bei den höheren Pflanzen nicht minder als bei den niederen nach scharf bestimmter Regel fortschreitenden) Zellbildung nachfolgende, in allen oder nur einzelnen Theilen des ersten Zellgerüstes eintretende nachträgliche Zellbildung, welche von Nägeli auch als abnorme oder zufällige bezeichnet wird, scheint für die weitere Ausbildung des Phanerogamenblatts von grosser Bedeutung zu sein; dass aber auch in diesem zweiten Stadium des Wachsthums die Schleiden'sche Blattbildungslehre sich nur theilweise bewährt, zeigt die Entdeckung Grisebach's, dass innerhalb des Blattes häufig mehrere Vegetationspunkte oder Bildungsherde auftreten, und eine einschaltende (intercalare) Zellbildung nicht bloss an der Basis, sondern an verschiedenen Stellen vorkommt *). Selbst das letzte, auf der blossen Ausdehnung der Zellen beruhende Stadium im Wachsthum des Blattes befolgt nicht immer und nicht in allen Theilen des Blattes die absteigende (centripetale) Richtung, wie schon vor den Grisebach'schen Untersuchungen aus den Beobachtungen von Steinheil (namentlich am Magnolienblatt) **), und Münter (an gefiederten Blättern) ***), wenn auch zwischen dem Wachsthum durch Zellbildung und Zelldehnung dabei nicht genau unterschieden wurde, unzweifelhaft hervorgieng. Die im Ganzen und im Einzelnen allmählig nach der Spitze zu fortschreitende Aufrollung und damit verbundene letzte Ausdehnung der Farnblätter ist eine längstbekannte Erscheinung, die mit Unrecht als Beweisgrund gegen die Blattnatur derselben betrachtet

---

*) Grisebach, Beobachtungen über das Wachsthum der Vegetationsorgane in Bezug auf Systematik (Wiegmann's Archiv 1844. I. p. 134).

**) Observations sur le mode d'accroissement des feuilles (Ann. des sc. nat. 1837).

***) Beitrag zur Lehre vom Wachsthum der Pflanzen (bot. Zeit. 1843. p. 785).

worden ist *). Die sicher der Blattbildung angehörigen Ranken der Cucurbitaceen verhalten sich, abgesehen von dem Fehlen der Spreitenbildung, ganz ebenso, und die gefiederten Blätter der Dicotyledoneen haben nicht nur ein centrifugales Dehnungswachsthum des Blattstielgerüstes, sondern die Seitenblättchen entfalten sich auch deutlich in aufsteigender Ordnung, wiewohl das einzelne Blättchen für sich in centripetaler Dehnung sein Wachsthum vollendet **).

---

*) Besonders merkwürdig in dieser Beziehung sind einige Farnkräuter, welche die Spitzen der Blätter nie ganz entrollen, wie das schmale, einfachgefiederte Platyzoma microphyllum und die im Habitus ähnlichen Jamesonien (z. B. J. imbricata Hook. et Grev. t. 178, scalaris, cinnamomea, verticalis Kunze, die Farnkräuter in colorirten Abbildungen t. 71 und 82). Noch merkwürdiger sind viele Gleichenia- und Mertensia-Arten, bei welchen die Entwicklung des Blatts über dem ersten Fiederpaar (und zwar bei vielfachgefiederter Anlage oft in mehreren Graden der Verzweigung wiederholt) stehen bleibt, so dass die Spitze, scheinbar eine Knospe in der Gabeltheilung bildend, entweder für immer unentwickelt zurückbleibt, oder erst in einer folgenden Vegetationszeit, und dann auf dieselbe Weise wieder nur unvollständig, sich entwickelt. Es scheint sich diese absatzweise Entwicklung des Blatts, in welcher wir eine der merkwürdigsten Verjüngungserscheinungen innerhalb des Blattes selbst erblicken, auf viele Jahre hinaus erstrecken zu können, worüber von Beobachtern im Vaterland dieser Farnkräuter näheren Aufschluss zu erhalten, sehr erwünscht wäre (vergleiche Kaulfuss, das Wesen der Farnkräuter, 1827 p. 36). Dass die Blätter dieser Farnkräuter übrigens nicht, wie es scheinen könnte, ein unbegrenztes Wachsthum besitzen, beweisen die in gewöhnlicher Weise mit zugespitzter Schlussbildung versehenen Blätter der jungen Mertensien, von welchen Martius (Icones plant. crypt. t. 60. II.) eine interessante Stufenfolge dargestellt hat, die er mit Unrecht einer besonderen Art (M. pumila) zuschreibt. Auch das von Kunze (Anal. pteridograph. t. 30) dargestellte Hymenophyllum interruptum verdient hier erwähnt zu werden.

**) Besonders schön kann man diese Erscheinung bei den Mahonien mit gefiederten Blättern sehen, deren untere Fiederblätter bereits ausgebreitet, grün und lederartig erhärtet sind, während die oberen noch fast um die Hälfte kleiner, halbzusammengefaltet, röthlich und weich sind.

Digitized by Google

Ungeachtet der Mangelhaftigkeit unserer Einsicht in die Bildungsgeschichte der Blätter kann doch soviel als gewiss betrachtet werden, dass die Blätter aus einer ihnen in der Bildung vorausgehenden Achse sich hervorbilden, und dass diese Achse, wenn überhaupt Blattbildung eintritt, sich nach geschehener Anlage der Blätter als Stengel ausbildet; es kann ferner als gewiss betrachtet werden, dass die Bildung der Blätter keine simultane ist, sondern eine successive*), so dass zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blättern ursprünglich stets ein trennender, der Achse, als solcher, bleibender Theil vorhanden ist, derselbe mag sich nun als Internodium entwickeln oder nicht. Mögen wir uns nun das Blatt in Beziehung zur Achse als Strahl vorstellen, oder in Beziehung zur spiraligen Successionsfolge, der es angehört, als Welle, so erscheint uns jedenfalls in der innig verknüpften Entstehung von Stengel und Blatt ein Wechsel von hervortretender und zurückhaltender Bildung, von Hebung und Senkung, Ausstrahlung und Sammlung, und diess ist es eben, was wir oben als einen in wiederholten Verjüngungsakten fortschreitenden Entwicklungsgang, gleichsam als einen Wellenschlag der Metamorphose bezeichnet haben. Hier wäre es nun am Orte die bestimmten Maassverhältnisse, welche die Blattbildung in ihrem spiraligen Wellengange einhält, und die dadurch entstehenden Anordnungsverhältnisse der Blätter zu betrachten; sie zu verfolgen von den einfachen Anfangsstellungen ($^1/_1$, $^1/_2$), mit welchen die Pflanze im Ganzen beginnt, und welche sie meist am Anfang des Zweiges von Neuem wiederholt, durch alle Verwicklungen, welche mit

*) Es gilt diess selbst von den Blättern der Quirle, wie Uebergang und Stellvertretung von Quirl- und Spiralstellung zur Genüge beweisen. Wenn die neueren Beobachtungen über Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile uns die Höckerkreise, als welche die Quirle der Blüthe zuerst erscheinen, als in ihren Theilen gleichzeitig zum Vorschein kommend beschreiben, so möge man bedenken, dass diese Höcker keineswegs der erste Anfang der Blattbildung sind, dass man vielmehr, um diese Frage auf dem Wege der Entwicklungsgeschichte zu beantworten, auf die Entstehung der Zellen oder Zellgruppen, welche sich später als Höcker erheben, zurückgehen müsste.

Digitized by Google

dem Fortschritt der Metamorphose eintreten und meist in der Hochblattregion ihr Maximum erreichen *); dann weiter zu zeigen, wie in der Blüthe die einfacheren Stellungsverhältnisse ($^2/_3$, $^2/_4$, $^3/_5$), aber in cyclischer Vereinigung der Theile, wiederkehren, wie sich hier eine neue Reihe von Verwicklungen in der harmonischen Verbindung der Cyclen selbst einstellt, und in der Frucht endlich die Anordnung oft wieder zum einfachsten Verhältniss zurückkehrt. Diess auszuführen würde jedoch eine Entwicklung der Blattstellungslehre verlangen, welche die Grenzen der heutigen Aufgabe weit überschritte.

Anmerkung. Die neueren Arbeiten über Blattstellung der Gewächse finden sich zusammengestellt in Schleiden's Grundzügen (zweite Auflage) II. p. 177; den dort genannten ist noch beizufügen eine spätere Abhandlung der Gebrüder Bravais (essai sur la disposition génèrale des feuilles rectiseriées 1840), eine in ihren Resultaten der Bravais'schen ersten Abhandlung sich anschliessende Arbeit des Schweden Silfverstrahle (übersetzt in Hornschuch's Archiv scandinavischer Beiträge I. p. 382) und die Arbeiten Naumann's, welche, ursprünglich in Leonhard und Bronn's Jahrbuch der Mineralogie (1842) und Poggendorff's Annalen (1842 — 43) zerstreut, später vom Verfasser als selbstständige Schrift zusammengestellt wurden (über den Quincunx als Grundgesetz der Blattstellung. 1845). Da ich das Vorkommen einfacherer und complicirterer Blattstellungsverhältnisse und einen bestimmten Kreislauf, in welchem dieselben an der Pflanze auftreten, angedeutet habe, so mag es erlaubt sein hier gelegenheitlich eine Bemerkung über die durch die Bravais'sche Arbeit in Frage gestellte wirkliche Existenz einer Reihe verschiedener Blattstellungsverhältnisse, wie sie in Schimper's und meinen eigenen Arbeiten über Blattstellung aufgeführt sind, anzuknüpfen. Ich finde mich dazu noch besonders durch eine Bemerkung Schleiden's (Grundz. p. 176) veranlasst, der die Theorie der Gebrüder Bravais, welche die von uns als verschieden betrachteten und durch eine Reihe rationaler Divergenzen ausgedrückten Stellungsverhältnisse auf einen einzigen, für alle gleichen, irrationalen Divergenzwinkel zurückzuführen sucht, als die bei weitem vorzüglichere bezeichnet, da sich in ihr die Einfachheit des Gesetzes geltend mache, und unter gleichen Möglichkeiten immer

*) Vergleiche Compositae, Dipsaceae, Plantagineao, Proteaceae, Piperaceae, Zingiberaceae, Cyperaceae, Aroideae.

Digitized by Google

diejenige Erklärungsweise vorzuziehen sei, die möglichst viele Fälle auf einen Gesichtspunkt zurückführe. Aber gerade dieser Grundsatz hätte der Theorie der rationalen Divergenzen, welche die Mannigfaltigkeit der Fälle, wie sie die Beobachtung giebt, zuerst als solche anerkennt und dann einer allgemeinen Regel unterzuordnen sucht, zur Unterstützung dienen sollen, gegenüber einer Theorie, welche, im Wiederspruch mit sich selbst, zuerst die Mannigfaltigkeit der Fälle läugnet, um ihnen eine abstrakte Einerleiheit unterzuschieben, nachher aber (im zweiten Theile) doch nicht umhin kann zuzugeben, dass auch die rationalen und in Wirklichkeit unter sich verschiedenen Verhältnisse bei den Pflanzen vorkommen. Die Mannigfaltigkeit der Natur ohne hinreichenden Beweis zu läugnen, ist gewiss nicht die rechte Art gesetzliche Einheit in die Erscheinungen zu bringen. Die Bravais'sche Behauptung, dass alle vermeintlichen Blattstellungen der Hauptkette nach der gleichen irrationalen Divergenz gebildet seien, ist ebenso naturwidrig, als wenn ein Krystallographe behaupten wollte, die sämmtlichen durch eine bestimmte endliche Zahl von Flächen begrenzten Formen des regularen Systemes existirten nicht, weil sie alle einer Reihe angehören, deren Ende die Kugel, als Unendlichflach, ist. Ich bin weit entfernt den Bravais'schen Arbeiten damit ihren Werth rauben zu wollen; die complicirteren Blattstellungsverhältnisse sind oft so schwierig zu unterscheiden, dass der Zweifel an ihrer Existenz, als wirklich verschiedener, ein sehr erklärlicher ist, wogegen bei den einfacheren Verhältnissen nicht der mindeste Zweifel sein kann, dass sie in grösster mathematischer Genauigkeit bestehen, was denn auch von Bravais selbst zugestanden wird. Dadurch entsteht bei Bravais eine Verschiedenheit der Erklärung von Erscheinungen, die offenbar derselben Reihe angehören, ein Umstand, der durchaus nicht mit dem formellen Lob, das Schleiden der Bravais'schen Theorie ertheilt, harmonirt. Schleiden würde ein solches Urtheil auch sicherlich nicht gefällt haben, wenn ihm das Gebiet der Blattstellung in der Erfahrung weniger fremd wäre. Da es sich übrigens hier nicht sowohl um die formellen Vorzüge einer theoretischen Darstellung, als um die Feststellung einer Reihe von Thatsachen handelt, so berufe ich mich zur Unterstützung der eigenen, durch langjährige Verfolgung der Blattstellungsverhältnisse gewonnenen Ueberzeugung auf einen Beobachter, dessen Zuverlässigkeit durch die bedeutendsten Arbeiten in einem analogen Gebiete anerkannt ist. Naumann zweifelt nicht im mindesten an dem wirklichen und unterscheidbaren Vorkommen höchst complicirter Blattstellungsverhältnisse ($^{55}/_{144}$, $^{89}/_{233}$, $^{144}/_{377}$) und weist die Ungläubigen namentlich auf die

Digitized by Google

Untersuchung der Cacteen und Compositen hin, indem er bemerkt, dass bei der Sonnenblume selbst ein Blinder im Stande sein werde mit den Fingern die oben genannten verwandten Stellungsverhältnisse zu unterscheiden, ob sie gleich auf unmessbar kleinen Differenzen im Divergenzwinkel beruhen (Poggend. Ann. 1843. p. 554—55). Bei Cacteen kommt nach eigenen, so wie nach Naumann's (über den Quincunx p. 70—71) Beobachtungen nicht bloss $\frac{2}{5}$ und $\frac{3}{8}$, sondern auch $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$ und $\frac{13}{34}$ in einer Weise vor, die auch Bravais als nicht bloss scheinbar, sondern als wirklich geradreihig und rational anerkennen müsste. Es gehören diese höchst deutlichen und entscheidenden Fälle meist der Gattung Echinocactus an, bei welcher, in Verbindung mit höchst gedrängter Blattstellung, die Blattkissen nach den senkrechten Längszeilen verschmelzen, wodurch diese deutlicher als alle schiefen Zeilen hervortreten. Wenn nun bei einer anderen Gattung der Cacteen (Mammillaria) die meist noch complicirteren Stellungsverhältnisse minder leicht und sicher zu unterscheiden sind, weil die Blätter weniger dicht zusammengedrängt stehen und die Blattkissen eine gesonderte Ausbildung haben, so darf man daraus gewiss nicht schliessen, dass hier eine andere, von den deutlich rationalen Blattstellungen der Echinocacten wesentlich verschiedene, irrationale Stellungsweise vorhanden sei. Was die Naumann'sche Methode, die Blattstellungen von der senkrechten Zeile aus zu betrachten, zu messen und zu bezeichnen, betrifft, so mag hier noch bemerkt werden, dass sie innerhalb eines gewissen Bereiches dieselbe praktische Anwendbarkeit hat, wie die auf die Grundspirale bauende Bestimmungs- und Bezeichnungsweise; gehen wir jedoch auf die genetische Succession der Blätter zurück, welche unzweifelhaft in der Grundspirale dargestellt ist, so erscheint die Naumann'sche Behandlung naturwidrig. Während sie einerseits eine einfachere Erklärung der Quirlstellung zu bieten scheint, ist sie anderseits nicht fähig den wirklichen und wesentlichen Zusammenhang der Quirl- und Spiralstellung, wie ihn die Uebergänge an der Pflanze nachweisen, auch in den Bezeichnungsformeln auszudrücken, wesshalb sie namentlich im Gebiete der Anthonomie oder Construction der Blüthenschematismen als unbrauchbar erscheinen muss. Schleiden macht nun ferner dem ganzen bisherigen Studium der Blattstellungserscheinungen den Vorwurf, dass er sich bloss an die entwickelte Pflanze gehalten habe, anstatt die Sache in der Entwicklungsgeschichte zu verfolgen, wesshalb allen Theorien die sichere Begründung fehle (l. c. p. 175); darin hat er einerseits recht, anderseits aber unrecht, denn es hat Alles seine Zeit. Was zunächst

Digitized by Google

Noth thut, ist eine wirkliche Uebersicht der im Pflanzenreich vorkommenden Blattstellungsverhältnisse, der Art ihres Vorkommens, ihrer Vertheilung an der Pflanze, ihres Uebergangs und Wechsels, und diess Alles kann uns bloss der mehr oder weniger vollständig entwickelte Zustand der Pflanze geben. Es muss schon eine hinreichend grosse Zahl von Blättern gebildet sein, ehe man ihr Stellungsverhältniss sicher beurtheilen kann, da ein Messen der Abstände der ersten Blattanfänge so unpraktisch ist als jedes spätere direkte Winkelmessen. Ehe das Blattstellungsverhältniss von der ausgebildeten Pflanze her bekannt ist, wird desshalb die Untersuchung der ersten Anfänge in dieser Beziehung wenig Nutzen haben. Selbst die mit der vollkommenen Ausbildung häufig eintretenden, die ursprüngliche Anordnung störenden Verhältnisse, wie z. B. die einseitige Zusammenschiebung der Blätter bei ungleicher Verdickung der Stengelseiten, die Verrückungen der Blätter durch ungleiche Anwachsung des Blattgrundes, die scheinbare Veränderung der Blattstellung durch Drehung des Stengels u. s. w., erfordern zu ihrer Beseitigung wenigstens kein weites Zurückgehen in die Bildungsanfänge. So lässt sich denn ohne direkte Verfolgung der ersten Entstehung der Blätter die Bestimmungsmethode dahin vervollkommnen, dass die Stellungsverhältnisse fast allenthalben zugänglich werden, und eine mittelst der gewonnenen Methode gehörig durchgeführte vergleichende Forschung kann die Blattstellungslehre in einer Weise zum Abschluss führen, dass sie uns jeden einzelnen Fall im geordneten Zusammenhang mit dem ganzen Systeme der Blattstellungsverhältnisse verständlich macht. Dass hiemit noch nicht der letzte Abschluss, die letzte Begründung der Blattstellungslehre gegeben ist, diess ist die wahre Seite des Schleiden'schen Vorwurfs, denn zu ihrer Vollendung gehört nothwendig die Ausmittelung des Zusammenhangs der äusseren Anordnung der Blätter mit der inneren Anordnung der Zellen in der Stengelspitze, aus welcher die Blätter hervortreten und in welcher zugleich mit ihrem Entstehen der Grund zu ihrer Anordnung gelegt wird, eine Aufgabe, zu deren schwieriger Lösung die Entwicklungsgeschichte, wenigstens im Gebiete der Phanerogamen, noch nicht den kleinsten Schritt gethan hat; es gehört ferner dazu die Ausmittelung der organischen Vorgänge in den Zellen selbst, durch welche ihre Anordnung bedingt wird, so wie der Kräfte, mit denen der Organismus hiebei wirkt; mit einem Worte es gehört dazu in letzter Instanz eine Physik des Organischen, von welcher die botanische Wissenschaft bis jetzt noch kaum eine Ahnung hat. Darum Alles zu seiner Zeit!

Digitized by Google

III.

Die Zellbildung.

Indem wir zur Betrachtung der Zellbildung übergehen, überspringen wir eine Reihe von Verjüngungserscheinungen, die zwischen den zweiten und dritten Abschnitt einzuschalten wären, nämlich die Verjüngungsvorgänge, welche in der Entwicklung des Blattes selbst häufig vorkommen und durch welche das Blatt seine Gliederung und Zusammensetzung erhält, sowie die noch in der späteren Ausbildung der Theile des Blattes vorkommenden Wachsthumsverjüngungen, von welchen schon früher bei der Betrachtung des Blattes die Rede war*); wir übergehen ferner die Verjüngungserscheinungen in der späteren Ausbildung des Stengels, welche sowohl im Längenwachsthum, als in der Zunahme der Dicke vorkommen, das erstere namentlich als intercalares Wachsthum der Stengelglieder**), das letztere als periodisch erneutes Wachsthum in der Cambiumzone des Stengels zwischen Holzkörper und Rinde, wodurch die Jahresringe in den Stämmen der Nadel- und Laubhölzer entstehen. Alle diese, so wie die früher betrachteten Verjüngungserscheinungen, müssen uns nothwendig zuletzt auf die Betrachtung der Zelle führen, als des einfachsten Bildungskreises in der Lebens- und Wachsthumsgeschichte der Pflanze, von welchem alle Entwicklung ausgeht, welcher in unendlich vielfacher Wiederholung und Modificirung die ganze Entwicklung begleitet, und zu dessen selbstständiger Darstellung das Ende der Entwicklung wieder zurückkehrt. Die Untersuchung jedes Abschnittes, jedes Organes der Pflanze führt zur einfachen Zelle zurück: die Bildung des Stengels schreitet durch Theilung einer einfachen Spitzenzelle fort***); die Bildung

---

*) Vergl. p. 123.

**) Vergl. Grisebach, über das Wachsthum der Vegetationsorgane (Wiegmann's Archiv 1843. I. p. 267).

***) Bestimmt nachgewiesen bei Florideen, z. B. Polysiphonia und Herposiphonia (Nägeli, Zeitschr. Heft 3 und 4. p. 207. t. 6—8); Delesseria Hypoglossum (daselbst Heft 2. p. 121. t. 1); Laurencia (Nägeli, die

Digitized by Google

des Blatts geht von einer einzigen Seitenzelle in der Nähe der Stengelspitze aus *); jeder Seitenspross ist ursprünglich eine Zelle, die, anstatt blosser Theil des Gewebes des Muttersprosses zu bleiben, zur Urzelle einer neuen Entwicklungsreihe wird **). Zu diesen ersten Anfängen der Bildung allenthalben vorzudringen und von ihnen aus dem Entwicklungsgang des Gewebes in allen Theilen zu folgen und die Gesetze auszumitteln, nach welchen die Zellbildung fortschreitet, um die verschiedenartigen Anordnungen, von denen der Bau der Pflanze im Wesentlichen abhängt, hervorzubringen, gehört zu den schwierigsten aber auch lohnendsten Aufgaben, zu deren glücklicher Lösung besonders Nägeli in jüngster Zeit die Bahn gebrochen hat durch genauere und methodische Darstellung der Zellbildungs- und Wachsthumsgeschichte zahlreicher Gewächse aus den niederen Ordnungen des Pflanzenreichs, von welchen allein der Weg allmählig zu den höheren geebnet werden kann ***).

---

neueren Algensysteme, t. 8. f. 4); Characeen, Moosen (Nägeli, Zeitschr. Heft 2. p. 138. t. 4); Equisetaceen (ebendaselbst Heft 3 und 4. p. 167). Theilt sich die Spitzenzelle in senkrechter Richtung in zwei gleichwerthige Zellen, also in zwei Spitzenzellen, so entsteht Dichotomie (vergl. Dictyota in Nägeli Algensyst. t. 5. f. 12—16), oder bei rascher Wiederholung fächerartige Ausbreitung. Bei den Phanerogamen entstehen wahrscheinlich auf diese Weise die sogenannten Fasciationen.

*) So wenigstens bei Florideen, Characeen und Moosen (vergl. Nägeli an den schon angeführten Orten).

**) Vergleiche die Zweigbildung von Echinomitrion furcatum in Näg. Zeitschr. Heft 2. p. 138. t. 2. f. 1—6. Zu den Fällen, von denen wir eine genaue Darstellung besitzen, gehört auch die Entstehung des Eisprössleins oder Ovulum's von Orchis, welches nach Hofmeister (Entstehung des Embryo der Phanerogamen 1849. p. 1. t. 1) aus einer einzigen Zelle der Placenta sich entwickelt, welche zunächst in 2 übereinanderliegende sich theilt, von denen die obere durch weitere Theilung die Zelldecke, die untere die axile Zellreihe bildet.

***) Vergleiche die hierauf bezüglichen Abhandlungen in Nägeli's Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik (1845, 1847), sowie dessen Kritik d. neuer. Algensyst. u. Versuch eines eigenen Systems d. Algen und Florideen (1847).

Digitized by Google

Wie die Erforschung der Zellbildung in morphologischer Beziehung unentbehrlich ist, so auch in physiologischer; denn die Zelle ist der Träger aller Lebensthätigkeit der Pflanze; in ihr und durch sie wird Stoff und Form der Pflanze gebildet. In der Zelle wohnt die wunderbare Kraft der Bereitung der organischen Stoffe, welche zu bilden kein anderes chemisches Laboratorium die Mittel besitzt; in ihr die Kraft der endosmotischen Aufnahme und Ausscheidung und jener bewunderungswürdigen, physikalisch noch nicht erklärten Bewegung, durch welche der Inhalt auf mannigfache Weise bald unmerklicher vertheilt, bald in lebhafter Strömung erhalten wird; in ihr die Kraft der organischen Gestaltung und des Wachsthums, und endlich die Kraft der Umbildung und Neubildung, auf welcher die Vermehrung und Fortpflanzung der Zellen beruht. Daher ist denn auch die Zelle der unmittelbare Heerd der Verjüngung, der Ausgangspunkt für alle Verjüngungserscheinungen in dem Aufbau des gegliederten Organismus der Pflanze. Wollen wir daher die Erscheinung der Verjüngung genauer kennen lernen, so müssen wir sie in der Zelle selbst aufsuchen. Wir haben im Eingang zwei Momente in dem Vorgang der Verjüngung unterschieden, das Moment des Rückschritts, der Auflösung und Ablegung des Alten, und das Moment des erneuerten Vorschritts, der wiederholten Bildung und Neugestaltung; daher wollen wir, nach vorläufiger Betrachtung der Bildung der Zelle im Allgemeinen, die Verjüngungserscheinungen im Zellenleben insbesondere betrachten in der Entbildung und Neubildung der Zellen.

1) Bildung der Zelle.

Die Zellbildung ist eine der wesentlichsten Eigenthümlichkeiten, einer der constantesten Charaktere der Pflanze. In der Zellbildung erweiset sich der Pflanzenorganismus vorzugsweise als ein von innen her in seiner Bildung bestimmter; durch sie schliesst die Pflanze ihre Bildung im Ganzen, wie im kleinsten untergeordneten Lebenskreis nach aussen ab, den Verkehr mit der Aussenwelt durch ein Grenzgebilde, die Zellhaut, vermittelnd und vor

Digitized by Google

unmittelbarem Eingriff schützend. Mag die Pflanze auch noch so sehr durch die Unbegrenztheit des Sprossens ins Unendliche sich fortbilden, in jeder Zelle erscheint ihr Leben (mit wenigen Ausnahmen) als in sich abgeschlossener und in eigenthümlicher Weise innerlich bestimmter Bildungskreis, wesshalb die Zelle auch in gewissem Sinne Individuum ist, ja von manchen Autoren vorzugsweise als das Individuum der Pflanze betrachtet wird *).

Wie die einzelne Pflanze mit der einfachen Zelle beginnt, so auch das Pflanzenreich. Auf der untersten Stufe desselben erscheint die Pflanze als einfache Zelle und die erste Wiederholung der Zellbildung bereits als Fortpflanzung. Je weiter wir von da den Stufen des Pflanzenreichs folgen, um so vielfältiger theilt sich der ursprünglich einfache Lebenskreis in untergeordnete Kreise, um so vielfältiger wiederholt sich die Zellbildung: der Pflanzenorganismus wird ein vielzelliger. Während bei der einzelligen Pflanze die Zelle wirklich das alleinige Individuum der Pflanze ist, wird sie bei den höheren Pflanzen ein dem entwickelteren individuellen Organismus untergeordneter Bildungskreis. Bei der im Vergleich zum Thier unvollkommneren Organisation der Pflanze, bei dem ihr eigenthümlichen Mangel an bleibender, durchgreifender Centralbeziehung der Theile, besitzt jedoch die vegetabilische Zelle auch als untergeordneter Theil des Organismus eine weit grössere individuelle Selbstständigkeit, als die in ihrer Bildung vielfach veränderte, dem Ganzen unauflöslicher verbundene Zelle des thierischen Gewebes.

Als einzellige Pflanzen im strengsten Sinne sind eigentlich nur diejenigen zu betrachten, bei welchen der ganze Lebenscyclus in einer Zelle vollständig sich abschliesst, indem die erste Neubildung oder Theilung schon wieder der Anfang des neuen Cyclus ist; bei welchen also das ganze vegetative Leben in derselben Zelle durchlaufen wird, in welcher zuletzt auch die Fortpflanzung eintritt. Allein es giebt auch noch in weiterem Sinne einzellige Pflanzen, wenn wir nämlich als einzellig auch diejenigen betrachten,

*) Schleiden, Grundriss der Bot. p. 28 und Grundzüge II. p. 4.

Digitized by Google

bei welchen, wenn auch die Schliessung und Erneuerung des Cyclus durch die Keimbildung erst nach mehreren Zellgenerationen eintritt, doch das vegetative Leben nicht in einer strenggebundenen Zellfolge, sondern nur in einzelnen Zellen durchlaufen wird *). Es sind diese Fälle von zweierlei Art. In dem einen Falle wird das vegetative Leben zwar vollständig in einer Zelle abgeschlossen, aber die Bildung der Keimzellen in dieser Zelle wird nicht unmittelbar, sondern durch Vermittlung von einer oder mehreren transitorischen Zellgenerationen **) erreicht. In vegetativer Beziehung sind solche Pflanzen rein einzellig ***), indem die transitorischen Zellen weder für sich eine besondere vegetative Entwicklung besitzen, noch zur Bildung eines gemeinsamen vegetativen Gewebes beitragen, sondern nur als schnell überschrittene Uebergangsstufen zur Keimzellenbildung auftreten, gleichsam als Keimzellen, die sich noch ein oder mehrere Male theilen, bevor sie an dem Punkte angelangten, von welchem aus der neue vegetative Cyclus mit der

---

*) Einzellige Pflanzen giebt es in den in morphologischer Beziehung vielfach correspondirenden Reihen der Pilze und Algen. In Beziehung auf letztere verweise ich auf das jüngste Werk von Nägeli (Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet, 1849), in welchem ein neuer und fester Grund zur Kenntniss dieser in jeder Beziehung so interessanten, aber bisher (mit Ausnahme der Diatomeen und Desmidiaceen) aus Mangel an Beobachtung ihrer Entwicklungsgeschichte nur höchst oberflächlich gekannten und in den Algensystemen wahrhaft chaotisch zusammengestellten Gewächse gelegt ist.

**) Vergl. Nägeli, einzellige Algen p. 28.

***) Auch in systematischer Beziehung schliessen sie sich den einzelligen Gattungen im engsten Sinne an, indem manche Gattungen mit transitorischer Zellbildung beim Uebergang zur Sporenbildung mit solchen ohne diese (mit Ausnahme dieses einen Charakters) grosse Uebereinstimmung zeigen. So entspricht Cystococcus Näg. (l. c. p. 84. t. 3. E.) mit transitorischer Zellbildung der Gattung Protococcus (nach Nägeli's Beschränkung) mit unmittelbarer oder simultaner Sporenbildung; Characium A. Braun (Näg. l. c. p. 86. t. 3. D.) vollkommen der Gattung Ascidium A. Braun; Pediastrum Meyen in vieler Beziehung der Gattung Hydrodictyon Roth.

Digitized by Google

Keimung wieder beginnen kann *). In dem anderen Falle fällt die Vervielfältigung der Zelle in die vegetative Sphäre, die Zellen vermehren sich durch eine Reihe von successiven Theilungen ehe der Vegetationscyclus mit der Fructification schliesst, allein die Pflanze vermag nicht die so entstehenden Zellgenerationen in inniger Verbindung zusammenzuhalten, den Organismus in seiner Theilung doch als Ganzes fortzubauen; sie zerfällt mehr oder weniger vollständig in die einzelnen Zellen, die somit, obgleich Glieder eines bestimmten Vegetationscyclus, ein abgesondertes individuelles Leben führen. Was die höhere Pflanze in organisch gebundener Zellfolge vollführt, das sehen wir hier durch einen Generationswechsel einzelliger Pflanzenindividuen dargestellt **). Eine scharfe Grenze zwischen einzelligen und vielzelligen Pflanzen ist jedoch nach dieser Seite nicht zu ziehen, da es von der innigsten Verbindung bis zur gänzlichen Lösung der Zellen zahlreiche Mittelstufen giebt.

Die Ausbildung der Wachsthumsgegensätze und Differenzirung der Organe geht nicht überall gleichen Schritt mit der Einfachheit oder Zusammengesetztheit des Gewebes. Auch bei den einzelligen Algen im engsten Sinne sehen wir, dass die allgemeinen Wachsthumsgegensätze der Pflanze sich schon mehr oder weniger an dem einzelligen Individuum aussprechen, ja wir finden,

---

*) Es wiederholt sich dieser Fall auch bei vielzelligen Algen, z. B. Ulothrix, Ulva, Porphyra (Näg., Algensyst. t. 1. f. 61. 62), Ectocarpus (Ibid. t. 2. f. 3. 4. 5), ja selbst bei den Fucoideen kommen ähnliche Fälle vor, indem nach Decaisne und Thuret die Anfangs einfache Spore von Fucus canalicatus in 2, die von F. nodosus in 4, von F. serratus und vesiculosus (ohne Zweifel durch wiederholte Theilung) in 8 Sporen zerfällt. (Vergl. Decaisne et Thuret sur les anthéridies et les spores de quelques Fucus. Ann. des sc. nat. 1845.)

**) Es gehören hieher die Diatomeen, Desmidiaceen und die meisten Palmellaceen. Ueber die Generationsfolge der ersteren ist zu vergleichen: Thwaites, further observations on the Diatomaceae (Ann. and Mag. of Nat. Hist. 1848. p. 161.)

Digitized by Google

dass selbst die Grundorgane der Pflanze, Stengel, Blatt und Wurzel, in mehr oder minder deutlicher Verschiedenheit durch die Theile einer und derselben Zelle dargestellt werden können. Die Stufenfolge, welche wir in dieser Beziehung unter den einzelligen Gewächsen wahrnehmen, ist so geeignet die gewöhnliche Vorstellung von der Zelle zu erweitern, dass wir eine kurze Betrachtung derselben hier nicht übergehen wollen.

Das einfachste Verhalten der einzelligen Pflanze wäre dasjenige, bei welchem die Zelle ausser dem Gegensatz von Inhalt und Haut keine andere Verschiedenheit ihrer Seiten und Theile zeigte, also ringsum völlig gleichartig wäre. Nach der Beschreibung, welche Nägeli von seiner Familie Protococcaceae giebt, könnte man Protococcus*) für den Repräsentanten dieser Stufe halten, eine Gattung, deren Individuen kugelrunde Zellen sind, die, nach Beendigung ihres vegetativen Wachsthums, in ihrem Inhalt freie, gleichfalls kugelige Keimzellen erzeugen. Es ist mir jedoch zweifelhaft, ob streng genommen ein solches nach allen Seiten hin völlig gleichgültiges Verhalten der Zelle vorkommt. Wenn Protococcus, wie es wahrscheinlich ist, bewegliche (schwärmende) Keimzellen besitzt, so zeigen sich die Zellen ohne Zweifel im Stadium der Bewegung nach einer Hauptachse verlängert und mit zwei verschiedenartigen Enden versehen, von denen das eine die Flimmerfäden trägt, während nach dem anderen der gefärbte Inhalt der Zelle sich zusammendrängt. Bei Hydrodictyon, welche Gattung gleichfalls in die Familie der Protococcaceen gerechnet werden muss, haben die zur netzartigen Colonie verbundenen Zellen auch in ihrer späteren Ausbildung eine entschiedene Längenerstreckung, jedoch ohne Differenz der beiden Enden, indem beide Enden sich in gleicher Weise mit den Enden der nächstliegenden Schwesterindividuen zur Netzbildung verknüpfen. Ein entschiedener Gegensatz zwischen oberem und unterem Zellende tritt dagegen

*) Nach Nägeli's Begrenzung dieser chaotischen Gattung (vergl. Nägeli, die neuern Algensysteme p. 153).

Digitized by Google

in derselben Familie bei der Gattung Ascidium ein, deren freie Zellen sich mit dem einen Ende (dem in der Zeit des Schwärmens flimmertragenden, verdünnteren) sich an fremde Gegenstände festsetzt, während das freie Ende (ursprünglich das stumpfere) sich in eine kurze Spitze verlängert. In der schlauchförmigen Höhle der Zelle bildet der Inhalt einen Wandüberzug, durch dessen simultane Theilung sich nach vollendeter vegetativer Ausbildung der Zelle zahlreiche, zuletzt aus dem aufquellenden und seitlich oder nach unten aufreissenden Mutterschlauch ausschwärmende Sporen bilden *). Noch bedeutender tritt der Gegensatz in der Ausbildung des oberen und unteren Theiles der Zelle bei Botrydium hervor. Die junge Pflanze ist eine kugelige Zelle, welche man leicht für einen Protococcus halten könnte, aber bei weiterer Ausbildung tritt nach unten eine hyaline Verlängerung hervor, welche in die Erde eindringt und sich wurzelartig verzweigt, während der obere Theil der Zelle mehr und mehr zu einer grossen, verkehrteiförmigen Blase anschwillt. Der schleimige Inhalt bildet einen Wandüberzug mit zahlreichen Chlorophyllbläschen. Nach vollendetem Wachsthum bilden sich aus dem Wandüberzug zahlreiche Keimzellen, welche nicht zu schwärmen scheinen

*) Ascidium acuminatum A. Braun findet sich bei Freiburg in Wasserkübeln, Brunnentrögen und von Brunnen abfliessenden Bächlein auf Steinen oder an Wasserfäden festsitzend. Es gleicht im Ansehen dem an ähnlichen Orten vorkommenden Characium Sieboldii A. Braun, von dem es sich durch die bauchigere, oben mehr zugespitzte Zelle, die nie mehr als ein Stärkebläschen enthält, leicht unterscheidet. Die schwärmenden Sporen sind $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{150}$ Millim. lang, länglich, am schmäleren Ende mit 2 Flimmerfäden versehen, die $1\frac{1}{2}$ — 2 mal so lang sind als die Spore. Nachdem sich die Spore mit dem flimmertragenden Ende angesetzt hat, wächst das Pflänzchen rasch, ist Anfangs schlank, nach oben und unten verdünnt, später wird es bauchig, fast eiförmig, oben plötzlich in eine scharfe Spitze auslaufend. Die ausgewachsene Zelle wird ungefähr $\frac{1}{20}$ Mill. lang. In der Jugend ist die Zelle gleichmässig mit grünem Inhalt erfüllt, später bildet derselbe einen ziemlich dicken, nach innen unebenen Wandüberzug. Wenn die Sporenbildung eintritt, verschwindet das Stärkebläschen und der Wandüberzug theilt sich in 50 — 60 Sporen.

Digitized by Google

und dadurch frei werden, dass die Haut der Mutterzelle sich gallertartig auflockert, zusammensinkt und zuletzt zerfliesst. Bei Vaucheria wächst der untere Theil der Zelle gleichfalls in eine verzweigte, bleiche Wurzel aus, aber noch bedeutender verlängert sich der obere Theil in einen stengelartigen Faden, der durch Spitzenwachsthum fort und fort wächst, bis sein Wachsthum endlich durch die Fructification begrenzt wird. Aus diesem aufsteigenden Faden entspringen, als seitliche, mit besonderem Spitzenwachsthum versehene Aussackungen, theils grössere, gleich dem Hauptstengel aufrechte, theils kleinere, abstehende Zweige. In den Spitzen der aufrechten Triebe entsteht je eine bewegliche Keimzelle, in den horizontalen Seitenzweiglein bildet sich je eine dickhäutige, ruhende Spore*). Bryopsis geht in der Entwicklung differenter Theile aus einer und derselben Zelle noch weiter als Vaucheria; wie bei dieser bildet die Zelle nach der einen Seite Wurzeln, nach der andern durch Verzweigung sich vervielfältigende, aufrechte Stämme mit unbegrenztem Spitzenwachsthum. An diesen Stämmen bilden sich in zweizeiliger oder spiraliger Anordnung kürzere Zweiglein mit begrenztem Spitzenwachsthum, welche den Stamm wie Blätter bekleiden, und endlich, nachdem der Verbindungskanal mit dem Stamm sich geschlossen hat, gleich Blättern abfallen. Diese blattartigen Zweiglein sind es, in welchen sich die zahlreichen beweglichen Keimzellen der Bryopsis bilden**). Das Schlussglied in dieser Reihe merkwürdiger Gestaltungen der einfachen Zelle bildet wohl die Gattung Caulerpa***), bei welcher die ungetheilte Zelle in ihrer Entwick-

---

*) Vaucheria geht übrigens mit der Vorbereitung zur Sporenbildung in einen mehrzelligen Zustand über, indem die Zweigspitzen, in welchen die Sporenbildung stattfindet, sich als besondere Zellen abscheiden. Vergl. Unger, die Pflanze im Momente der Thierwerdung (1843) und Thuret, sur les organes locomoteurs des spores des Algues (Ann. des sc. nat. 1843).

**) Vergl. den Abschnitt über Bryopsis in Nägeli (Algensysteme p. 171); über die Bildung der Sporen: J. Agardh (Ann. des sc. nat. 1836).

***) Vergleiche Nägeli's wichtige Untersuchungen über Caulerpa prolifera (Zeitschrift für wissensch. Bot. Heft 1. (1844) p. 134.

Digitized by Google

Zellgenerationen) die Oscillarien anschliessen, und ein Theil der Palmellaceen*), an welche sich die Hormidien**) nebst Prasiola anschliessen. Die Fortpflanzungszellen sind bei allen diesen in ihrer Entstehung mit den vegetativen übereinstimmend, sie unterscheiden sich nur dadurch von ihnen, dass sie zuletzt frei werden, während die vegetativen Zellen aller oder wenigstens einiger zunächst aufeinanderfolgender Generationen familienweise, und zwar bald lockerer (durch gallertartige Hüllmembranen), bald fester (durch derbere Zellhäute) verbunden bleiben. Der zweite Fall, in welchem die Fortpflanzungszellen sich bedeutender von den vegetativen Generationen verschieden zeigen, ist durch einige Palmellaceen mit schwärmender Uebergangsgeneration und durch die Diatomaceen repräsentirt. Bei den ersteren entstehen die Fortpflanzungszellen, wie die vorausgehenden, durch Theilung, nehmen jedoch bald eine eigenthümliche Gestalt an und durch-

---

wodurch flache, einschichtige Täfelchen gebildet werden; bei Chroococcus, Gloeocapsa und Aphanocapsa geschieht die Theilung abwechselnd in drei Richtungen des Raums, wodurch kugelige oder zuletzt unförmige Familien entstehen. Berücksichtigen wir die in den letztgenannten Fällen vorkommende Verschiedenheit in der Lage der Achsen und Theilungsebenen der Zellen, so lassen sich in der Aufeinanderfolge der sonst ähnlichen Generationen untergeordnete Cyclen, im einen Falle zweigliedrige, im anderen dreigliedrige, unterscheiden. Auch in anderer Beziehung sind die aufeinanderfolgenden Generationen nicht immer vollkommen gleich, indem die letzten Generationen häufig kleiner bleiben, als die ersten, wie diess z. B. bei Gloeocapsa gewöhnlich der Fall ist, wo mit zunehmender Grösse der kugeligen Familienstöcke die Grösse der Zellen abnimmt.

*) Z. B. Stichococcus (Näg. l. c. t. 3. G), Hormospora (Näg. t. 3. B), Pleurococcus (Näg. t. 4. E), Gloeocystis (Näg. t. 4. F), Palmella (Näg. t. 4. D), Porphyridium (Näg. t. 4. H); die beiden ersten Zellreihen, die vier letzten Zellkörper bildend.

**) An den ächten, nicht im Wasser wachsenden Hormidien habe ich keine andere Fortpflanzung gefunden, als ein Zerfallen der Fäden in einzelne Zellen. Hormidium scheint mir daher mit Stichococcus und Hormospora zunächst verwandt zu sein.

Digitized by Google

brechen, mit Flimmerfäden versehen, die Hüllmembranen der alten Familie, um nach kurzer Bewegungszeit den vegetativen Cyclus von Neuem zu beginnen*); bei den letzteren, den Diatomaceen, bildet sich die Uebergangsgeneration auf eine von den vorausgehenden Theilungsgenerationen wesentlich verschiedene Weise, indem zwei Zellen sich durch einfache oder doppelte Copulation verbinden und durch das Zusammentreten ihres Inhaltes an der Verbindungsstelle eine oder zwei Fortpflanzungszellen bilden, welche Anfangs kugelig und den so eigenthümlich gestalteten vegetativen Zellen dieser Familie völlig unähnlich sind, allein bald in ununterbrochenem Wachsthum wieder die Gestalt der Mutterzellen annehmen, von denen sich die so entstandene erste Generation des neuen Cyclus bloss durch bedeutendere Grösse unterscheidet **).

---

*) Vergl. die Gattungen Tetraspora (Näg. t. 2. C), Dictyosphaerium (Näg. t. 2. E), Apiocystis (Näg. t. 2. A), von welchen die erste eine Zellfläche, die zweite einen freien, die dritte einen durch eine stielartig verschmälerte Basis angehefteten Zellkörper bildet. Ausser dem Wechsel in den Theilungsrichtungen kommt bei diesen Gattungen noch eine andere schwache Verschiedenheit der Zellgenerationen vor, indem abwechselnd eine oder zwei Zellgenerationen transitorisch sind, d. h. sich schon wieder theilen, ehe sie die gewöhnliche Grösse der vegetativen Zellen erreicht haben.

**) Vergl. Thwaites, Observations on the Diatomaceae in den Ann. and Mag. of Nat. Hist. Vol. 20 (1847) t. 4. (Eunotia turgida), t. 22. (Cocconema lanceolatum, Gomphonema minutissimum, Himantidium pectinale); Series II. Vol. 1 (1848) t. 11 (Melosira und Cyclotella). Dass Thwaites die durch Copulation gebildeten Fortpflanzungszellen als Sporangien (Sporangial-Frustules) bezeichnet, hat seinen Grund in einer zu weit gehenden Vergleichung mit denen der Desmidiaceen. Bei den Diatomaceen gehen die Fortpflanzungszellen nach Thwaites eigener Darstellung unmittelbar wieder in vegetative Zellen über, was bei den Desmidiaceen nicht der Fall ist. Die sonderbare Erscheinung, dass die durch die Copulation gebildete Erstlingsgeneration ungefähr die doppelte Grösse der Mutterzellen erreicht, erklärt sich wohl einfach durch eine allmählige Grössenabnahme in der Reihe der durch Theilung gebildeten vegetativen Generationen, eine Erscheinung, auf die ich schon oben bei Gloeocapsa aufmerksam gemacht habe.

Digitized by Google

In den bisher betrachteten Fällen konnten wir in der Reihe der successiven Zellgenerationen nur eine von den übrigen verschiedene bemerken, die Uebergangsgeneration, welche zugleich die letzte des alten und die erste des neuen Generationscyclus ist. Bei den Desmidiaceen, Zygnemaceen und bei Palmogloea scheidet sich die Uebergangsgeneration in eine doppelte, indem die letzte Generation nicht direkt in die erste übergeht, sondern die erste Generation des folgenden Cyclus, als neue Bildung, erst beim Keimen in sich erzeugt, so dass wir dreierlei Zellgenerationen unterscheiden müssen, die Anfangsgeneration, die Schlussgeneration und die zwischenliegenden vegetativen Generationen. Bei den Desmidiaceen bildet sich nämlich nach einer langen Reihe vegetativer Zellgenerationen, welche bald reihenweise verbunden bleiben (Desmidium, Didymoprium, Hyalotheca), bald als völlig gesonderte Zellen vegetiren (Micrasterias, Euastrum, Closterium etc.) durch Copulation zweier Zellen und Vereinigung des Inhalts derselben in der Verbindungsstelle eine *) oder seltener (durch doppelte Conjugation) zwei**) Fortpflanzungszellen, welche in Gestalt und Ansehen von den Zellen der vorausgehenden vegetativen Generationen gänzlich verschieden sind. Sie sind stets kugelförmig und dickhäutig, bald glatt***), bald morgensternartig mit einfachen oder mehrspitzigen, gabel- und hackenförmigen Stacheln besetzt †), und gehen nicht wie die Schwärmer der Palmellaceen und die Fortpflanzungszellen der Diatomaceen direkt und in ununterbrochenem Wachsthum in die Erstlingsgeneration der neuen vegetativen

*) Vergl. die Darstellungen in Ralfs ausgezeichneter Monographie der britischen Desmidiaceen (London 1848), z. B. t. 3 (Didymoprium), t. 16 (Cosmarium), t. 24 (Tetmemorus), t. 25 (Penium), t. 26 (Docidium) t. 27, 28 (Costerium); ferner in Nägeli, einzellige Algen, t. 7. f. 6 (Cosmarium rupestre).

**) Ralfs l. c. t. 30 (Closterium lineatum).

***) Ralfs l. c. t. 4 (Desmidium), t. 25 (Penium) t. 29 (Closterium) etc.

†) Ralfs l. c. t. 7 (Micrasterias), t. 12 (Euastrum), t. 16 (Cosmarium); t. 22 (Phycastrum) etc.

Digitized by Google

Reihe über, sondern verharren längere Zeit in einem Ruhezustand, in welchem sie, unmerkliche innere Vorgänge abgerechnet, sich völlig gleich bleiben. Ich will sie zum Unterschied von den direkten Keimzellen (Gonidien) als Samenzellen (Sporen) bezeichnen*). Die Entwicklung dieser Sporen ist noch nicht beobachtet worden, doch ist soviel als gewiss anzunehmen, dass dieselben nicht als solche in die Erstlingsgeneration übergehen, sondern diese erst zur Zeit des Keimens durch innere Umbildung ihres Inhalts erzeugen und mit Zerreissung der alten Hülle, als neue Generation, zur Welt bringen. Gewisse bei Closterium und Euastrum beobachtete Jugendzustände, nämlich in wasserhelle Blasen eingeschlossene Familien ungewöhnlich kleiner Individuen**), machen es sogar wahrscheinlich, dass bei einigen Gattungen dieser Familie, durch eine noch innerhalb der Spore stattfindende Bildung transitorischer Generationen, mehrere Individuem aus einer Spore hervorgehen. Die einschliessende Blase ist wahrscheinlich die abgelöste und aufgequollene innere Zellhaut der Spore, welche die jungen Individuen nach Ablegung der äusseren Sporenhaut noch einige Zeit vereinigt hält. Das Verhalten der Sporen in der Familie der Zygnemaceen, welche mit der der Desmidiaceen sehr nahe verwandt zu sein scheint, bestätigt die Vermuthung über die Entwicklung der Sporen der letzteren. Die Fäden der Zygnemaceen bestehen, wie die der Desmidiaceen mit zusammenhängenden Zellgenerationen, nur aus einer Art vegetativer Zellen, welche sich durch

*) Manche Autoren bezeichnen diese Zellen als Sporangien; wenn man jedoch ihr Verhalten mit dem in den Sporen der höheren Ordnungen der Cryptogamen vergleicht, bei welchen gleichfalls nur das Innere sich zur Keimpflanze entwickelt, die Haut aber abgelegt wird, wird man sie für wahre Sporen halten müssen, während dagegen die direkt in Keimung übergehenden Sporen der Algen, wohin namentlich alle Schwärmsporen gehören, sich von den gewöhnlichen Sporen bedeutend unterscheiden und besser als Gonidien bezeichnet werden.

**) Siehe Ralfs l. c. t. 27 und Focke, physiologische Studien (1847) t. 3. f. 27.

Digitized by Google

wiederholte Zweitheilung vermehren *). Die letzten auf diese Weise entstehenden Zellen sind gewöhnlich kürzer als die der früheren Generationen und treten auf bekannte, mehrfache Modificationen erleidende Weise in Copulation **). Durch die Vereinigung des Inhalts der beiden copulirten Zellen, entweder in einer der beiden Zellen selbst oder in dem Verbindungsgliede derselben bildet sich eine kugelige oder längliche, mit mehrfacher Haut bekleidete, glatte Spore, aus welcher sich erst nach längerem Ruhezustand die junge Pflanze entwickelt. Bei Spirogyra zerreissen alsdann die Häute der Samenzelle, es wird zuerst die äussere, dünnere, wasserhelle, dann die innere, dickere, gelbgrünliche Sporenhaut abgestreift und der zur Keimzelle umgestaltete, mit einer neuen Haut bekleidete Inhalt tritt in Form eines spindelförmigen, an beiden Enden gleichbeschaffenen Körpers, welcher grosse Aehnlichkeit mit den einzeln lebenden Zellen der Desmidiaceengattung Spirotaenia ***) besitzt, hervor †). Dass jedoch in dieser Familie auch eine Bildung von mehreren Keimzellen oder jungen Pflänzchen in einer Spore vorkommt, dafür sprechen die Beobachtungen von Thwaites, welcher bei einigen Zygnemaceen, namentlich bei Messocarpus und Staurocarpus,

---

*) Soweit meine Beobachtungen reichen, scheinen sich die Fäden der Zygnemaceen, wie die von Desmidium, bloss durch wiederholte Theilung in gleichwerthige Zellen zu bilden, somit weder Spitzenwachsthum, noch Unterschied eines unteren und oberen Endes zu besitzen. Die Wurzelbildung, durch welche sie oft angeheftet sind, fand ich immer seitlich. Die Beobachtung der keimenden Pflanze konnte ich leider nicht bis zum Eintritt der Wurzelbildung verfolgen.

**) Vergl. Hassal, britisch Freshwater Algae (1845) t. 18—49.

***) Siehe Ralfs l. c. t. 34 f. 1 und 2.

†) Die Keimung der Spirogyren wurde schon von Vaucher (hist. des Conferves d'eau douce 1803) beobachtet. Ich habe sie in der oben beschriebenen Weise im Juli dieses Jahres an Spirogyra setiformis, welche 11 Monate zuvor mit reifen Sporen gesammelt wurde, eintreten sehen. Ueber die bei der Vorbereitung zur Keimung eintretenden auffallenden Veränderungen im Inhalt der Sporen werde ich nachher noch Einiges anführen.

Digitized by Google

den Inhalt der reifen Spore in 4 Theile zerfallen sah *). Wesentlich verschieden vom Verhalten der Desmidiaceen und Zygnemaceen ist die Fortpflanzung von Palmogloea, einer Gattung, welche bisher zu den Palmellaceen gerechnet wurde, denen sie sich, ob man gleich wegen des Vorkommens einer Copulation der Zellen zu der entgegengesetzten Ansicht geneigt sein könnte, wohl auch inniger anschliesst, als den Desmidiaceen. Während bei den Desmidiaceen und Zygnemaceen die letzte vegetative Zellgeneration die Samenzellen als neue Generation erzeugt, indem sich letztere, durch Ablösung des Inhalts von den Wandungen der copulirten Mutterzellen, frei im Innern derselben gestalten, so geht dagegen bei Palmogloea die letzte vegetative Generation direkt in die Bildung der Samenzellen über, indem die durch Copulation paarweise sich verbindenden Zellen eine vollkommene Union eingehen, d. h. nicht bloss ihren Inhalt zu einer neuen Bildung vermischen, sondern im Ganzen (mit Haut und Inhalt), gleichsam wie zwei Wassertropfen, verschmelzen oder ineinander fliessen. Die so entstehenden grossen Samenzellen werden allmählig dickhäutig und ölreich und gehen in einen die heisse und trockene Jahreszeit überdauernden Sommerschlaf über, bis mit Wiedereintritt der nasskalten Jahreszeit der Inhalt sich umgestaltet und theilt, während die Haut der Samenzelle aufquillt und in Gallerte zerfliesst. So wird aus der Samenzelle die vegetative Erstlingsgeneration als neue Generation erzeugt, indem sich der früher durch Verschmelzung gebildete Inhalt wieder theilt, und von der Mutterzellhaut befreit **).

Soweit wir die mit der Generationsfolge der Zellen verbundene Differenzirung derselben bis jetzt betrachtet haben, fanden wir doch innerhalb jeder Generation bloss gleichartige Zellen; wir sahen ferner alle Endglieder der vervielfältigten Reihe auf gleiche Weise den Schluss des Cyclus (als

*) Ich kenne diese Beobachtungen übrigens nur aus dem Referat der bot. Zeit. 1846. p. 498.

**) Vergl. die Abbildung auf t. 1 und die nähere Beschreibung der Palmogloea im Anhang.

Digitized by Google

Fructificationszellen) erreichen, zufällige Ausnahmen natürlich abgerechnet. Die weiteren Complicationen entstehen nun dadurch, dass nicht nur unter den aufeinanderfolgenden Generationen eine grössere Verschiedenheit eintritt, sondern dass auch die Zellen der gleichen Generation sich verschieden verhalten. Letzteres kann wieder in zweierlei Weise eintreten: entweder 2 in einer und derselben Mutterzelle entstehende Tochterzellen (also 2 Schwesterzellen) sind unter sich verschieden; oder die Tochterzellen verschiedener, aber derselben Generation angehöriger Mutterzellen (also die Geschwistertochterzellen) verhalten sich ungleich. Der erstere Vorgang ist für die Entwicklung der organischen Differenzen im vegetativen Bau von besonderer Wichtigkeit, indem das Spitzenwachsthum und die Zweigbildung vielzelliger Gewächse dadurch bedingt ist; auf dem letzteren beruht unter anderem eine schon in den untersten Reihen des Gewächsreichs vorkommende Duplicität der Fructification, die wir hier zuerst kurz betrachten wollen. Zahlreiche Algen bringen zweierlei (ja mitunter selbst dreierlei) Fortpflanzungszellen hervor, entweder zweierlei bewegliche oder unbewegliche Gonidien, oder Gonidien und Sporen, oder endlich zweierlei Sporen, welcher letzte Fall auch in den höheren Reihen der Cryptogamen vorkommt. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung bei den Algen noch weit allgemeiner verbreitet, als sich bis jetzt mit Bestimmtheit nachweisen lässt; wenn ich daher hier manche zweifelhafte Fälle anführe, so geschieht es eben in der Absicht, um dadurch auf einen der weiteren Erforschung würdigen Gegenstand aufmerksam zu machen.

Unter den Beispielen von Gewächsen mit zweierlei beweglichen Keimzellen, grösseren (Macrogonidien) und kleineren (Microgonidien), verdient vorzüglich das schon oben angeführte Wassernetz (Hydrodictyon) angeführt zu werden. Die einzelligen Individuen dieser bisher mit Unrecht den Zygnemaceen angereihten Alge*) bilden, in frühster Jugend zur Colonie vereinigt, ein sackförmiges Netz. Alle Zellen eines solchen Netzes sind

*) Kützing, Species Algarum (1849) p. 448.

Digitized by Google

Schwesterzellen, denn sie sind alle in einer und derselben Mutterzelle entstanden, allein nicht alle verhalten sich bei eintretender Fructification gleich. In einigen Zellen des Netzes bilden sich nämlich etwas grössere und minder zahlreiche Gonidien (je nach der Grösse der Mutterzelle 7000 bis 20000), in anderen Zellen desselben Netzes etwas kleinere, zahlreichere (30000 bis 100000). Nur die ersteren (die Macrogonidien) bilden wieder neue Netze, indem sie nach kurzer (etwa eine halbe Stunde andauernder) zitternder Bewegung, ohne die Mutterzelle zu verlassen, sich zu einem Tochternetze verbinden, das durch allmählige Auflösung der Mutterzellhaut frei wird. Die Microgonidien dagegen, ausser der geringeren Grösse auch durch länglichere Gestalt, ein kleines, wandständiges rothes Bläschen und 4 lange Flimmerfäden (welche bei den netzbildenden Macrogonidien sehr kurz zu sein scheinen) ausgezeichnet, schwärmen aus den aufplatzenden Mutterzellen aus, bewegen sich sehr lebhaft und oft gegen 3 Stunden lang, und werden, nach eingetretener Ruhe, zu grünen, Protococcus-ähnlichen Kugeln, welche ohne merkliche Grössenzunahme noch einige Zeit vegetiren, bis sie endlich, ohne sich weiter fortzupflanzen, absterben. So sehen wir also hier in vorher nicht unterscheidbaren Schwesterzellen desselben Netzes zweierlei verschiedene Brutzellen sich bilden, welche beide unmittelbare Keimzellen oder Gonidien sind, aber die einen als fertile, die andern als sterile, erlöschende Generation sich ausbildend; beide beweglich, aber in verschiedenem Grade, die einen kurz bewegliche Netzbilder, die andern sich nicht mehr zur Colonie vereinigende Schwärmer *). Zweierlei bewegliche Keimzellen (Macrogonidien und Microgonidien) kommen ferner bei Chlamidococcus pluvialis

*) Das Geschichtliche über diese merkwürdige Pflanze, auf welche ich noch einigemal zurückkommen werde, muss ich einer anderen Gelegenheit vorbehalten. Meine eigenen Beobachtungen wurden hauptsächlich im Sommer 1846 gemacht und die Resultate derselben bei der Versammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft zu Schaffhausen im August 1847 mitgetheilt.

Digitized by Google

(Haematococcus pluvialis Flotow) *) vor, einem Gewächse, das mit Chlamidomonas und den Volvocinen verwandt ist, in dessen complicirte Lebensgeschichte ich jedoch hier nicht weiter eingehe, um nicht allzuweit in das streitige Gebiet zwischen Thier- und Pflanzenreich abgelenkt zu werden. Ein anderes Beispiel, der Reihe der fadenartigen und verzweigten Süsswasseralgen angehörig, bietet Draparnaldia, wovon Stigeoclonium kaum generisch verschieden ist. Draparnaldia mutabilis, die zahlreichen Arten der Stigeoclonien (so wie die sehr nahe verwandten Chaetophoren) gehören zu den Gewächsen, an welchen am leichtesten die Bildung und Geburt beweglicher Keimzellen beobachtet werden kann, und auch schon häufig beobachtet worden ist **). Bei den 3 genannten Gattungen bildet sich in den Zellen der Zweige, nach der letzten vegetativen Theilung derselben, je eine bewegliche Keimzelle, welche, mit 4 Flimmerfäden und wandständigem rothem Bläschen versehen, beim Ausschwärmen die Zellwand seitlich durchbricht. Bei Stigeoclonium protensum K. (?) habe ich jedoch gegen Ende der Zeit, in welcher dieses Pflänzchen erscheint, die Bildung der beweglichen Gonidien in der Weise modificirt gefunden, dass in einer Zelle nicht je eine, sondern (durch senkrechte Theilung des Inhalts) 2 bis 4 kleinere, rundlichere Schwärmer sich bildeten, über deren Keimfähigkeit ich jedoch keine Erfahrung habe. Auch bei Draparnaldia mutabilis beobachtete ich eine analoge Bildung von Microgonidien, aber nicht durch senkrechte, sondern durch weiter fortgesetzte

*) Act. nat. cur. Vol. XX. II. (1844).

**) Vergl. Treviranus, vermischte Schriften II. 1. p. 73 (1817 — Draparnaldia); Kützing, über die Verwandlung der Infusorien in niedere Algenformen (1844 — Stigeoclonium stellare); Fresenius, zur Controverse über die Verwandlung von Infusorien in Algen (1847 — Chaetophora). Ich selbst habe die beweglichen Keimzellen an Draparnaldia mutabilis, Stigeoclonium thermale (Jun. 1847), subspinosum (Mai 1847), protensum? (Mai 1848), tenue (Jul. 1849), Chaetophora tuberculata (Aug. 1847) und elegans (Sept. 1847) beobachtet.

Digitized by Google

wagrechte Theilung der Zellen erzeugt. Nägeli*) erwähnt einer Beobachtung an Melosira varians, nach welcher die wandständigen Farbebläschen dieser Diatomacee sich zuweilen ablösen und nach Art von Schwärmzellen bewegen, was ein Vorkommen von beweglichen Microgonidien neben der oben beschriebenen Bildung grosser unbeweglicher Keimzellen andeuten könnte. Für das vereinte Vorkommen von Gonidien und eigentlichen Sporen lassen sich zahlreiche Beispiele anführen, von denen jedoch auch viele noch der genaueren Erforschung bedürfen. In der ebenerwähnten Familie der Diatomaceen scheint bei einigen Gattungen, als zweite Fortpflanzungsweise, eine Bildung von Samenzellen mit zahlreichen jungen Individuen, wie wir sie oben für Closterium angenommen haben, vorzukommen. So bei Schizonema und Micromega**). Bei den Desmidiaceen scheint umgekehrt neben der Sporenbildung zuweilen eine Gonidienbildung aufzutreten, und zwar in doppelter Weise. Die Bildung zahlreicher kleiner Schwärmer in nicht copulirten Zellen wird von Ralfs als eine nicht seltene Erscheinung erwähnt, aber in so unbestimmter Weise, dass man sich keine genügende Vorstellung davon machen kann***). Die von Ehrenberg in einem Closterium gefundenen beweglichen Körperchen, welche er als monadenartiges Infusionsthierchen unter dem Namen Bodo viridis†) beschreibt, könnten hieher bezogen werden. In ganz anderer Weise soll nach Morren††) bei Closterium Lunula durch Copulation zweier Individuen eine einzige, grosse, bewegliche Keimzelle gebildet werden, welche in dem Verbindungskanal der beiden Mutterzellen schon innerhalb ihrer Hüllen in drehende Bewegung gerathen, sodann die zerreissenden Hüllen verlassen und nach 10 bis 20

*) Vergl. Nägeli, Gatt. einzelliger Algen p. 10.

**) Siehe Kützing, die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomaceen (1844) t. 25. f. 8; t. 27. f. 11; t. 28. f. 1.

***) Ralfs, the british Desmidieae p. 9.

†) Ehrenberg, Infusionsthierchen, t. 2. f. 15.

††) Morren, Mémoire sur les Closteries (Ann. des sc. nat. T. V. 1836).

Digitized by Google

ob jedoch bei diesen Gattungen ausser beweglichen Gonidien auch grössere, ruhende Sporen vorkommen, ist sehr zweifelhaft, nachdem Nägeli nachgewiesen, dass bei Ectocarpus sowohl in den rundlichen Scheitelzellen der Zweige, als in den länglichen, mehrzelligen Zweigspitzen und den anschwellenden Gliederzellen des Stamms der Inhalt sich in zahlreiche, kleine Keimzellen theilt. Dagegen ist bei den Fucoideen (im engeren Sinne) das Vorkommen grosser, ruhender Sporen, zugleich mit sehr kleinen Schwärmzellen, welche von Decaisne und Thuret*) für Spermatozoidien gehalten werden, ausser Zweifel. Beide Arten der Fructification bilden sich bei den Fucoideen in den Endzellen der gegliederten Fäden, welche das Innere der Fructificationsgruben überziehen. Die äusserst kleinen Gonidien sind von bleicher Farbe und mit einem wandständigen rothen Punkt versehen, sie zeigen nach den genannten Autoren 2 äusserst feine Fäden, einen vorderen schwingenden und einen hinteren, der passiv nachgeschleift werden soll**).

*) Decaisne et Thuret, recherches sur les Antheridies et spores des Fucus (Ann. des sc. nat. T. III. 1845. t. 1—2).

**) Die Stellung der Wimpern weicht somit von der bei den beweglichen Gonidien der Süsswasseralgen gewöhnlichen bedeutend ab; auf der andern Seite stimmen aber die Schwärmzellen der Fucoideen in ihrer Gestalt auch durchaus nicht mit den Spermatozoidien, wie wir sie bei den Characeen, Moosen und Farnen kennen, überein. Ob dieselben, wie die Spermatozoidien, in besonderen kleinen Zellchen sich bilden, oder durch blosse Theilung des Inhalts der grossen Mutterzelle entstehen, ist leider nicht bekannt. Die Beschaffenheit des Inhalts der Fucoideenschwärmer macht es unwahrscheinlich, dass sie Keimfähigkeit besitzen, woraus sich jedoch noch nicht schliessen lässt, dass ihnen eine befruchtende Thätigkeit zukommt. Die Entscheidung über die eigentliche Bedeutung derselben erfordert somit einerseits noch weitere, ihre Bildungs- und Lebensgeschichte ergänzende Beobachtungen, anderseits überhaupt die Erörterung der Frage, ob nicht die Bildung beweglicher und, wie wir gesehen haben, in manchen Fällen steriler Gonidien als Vorstufe zur Spermatozoidienbildung zu betrachten sei, so wie in einer höheren Reihe die Bildung von zweierlei Sporen, von denen die kleineren gleichfalls in manchen Fällen, z. B. bei Marsilea und Pilularia, steril sind, als Vorstufe zu dem Gegensatz von Pollen- und Keimsackbildung betrachtet werden muss.

Digitized by Google

Die grossen Sporen dagegen zeigen eine starke Haut und einen dunklen, olivenbraunen Inhalt. Nach der Aussaat derselben quillt die Haut auf und der Inhalt theilt sich, wenigstens bei einigen Gattungen der Fucoideen, in 2, 4 oder 8 Theile, welche sofort in Keimung übergehen, ein Vorgang, der an das oben erwähnte Verhalten der Sporen der Closterien und einiger Zygnemaceen erinnert. Als letztes Beispiel doppelter Fructification aus der Reihe der Algen führe ich Chantransia an. Die gewöhnliche, schon länger bekannte Fructification dieser Gattung besteht in kugeligen, sehr dünnhäutigen, mit einem centralen rosenrothen Bläschen in dem lichtspahngrünen Inhalt versehenen Keimzellen, welche sich einzeln in den Scheitelzellen der büscheligen Seitenzweiglein bilden und durch Zerreissen ihrer Mutterzelle geboren werden. Sie sind ohne selbstständige Bewegung, keimen aber wahrscheinlich unmittelbar nach der Aussaat, worüber es jedoch noch an sicheren Beobachtungen fehlt. Bei derselben Pflanze, und zwar an denselben Stöckchen und Zweigen, kommt seltener noch eine zweite Art der Fructification vor*), indem die Gliederzellen der Zweige seitlich stark anschwellen und in der als besondere Zelle sich abscheidenden Anschwellung eine grosse, dickhäutige Spore bilden. Chantransia zeigt uns also zweierlei unbewegliche Fortpflanzungszellen, von denen die kleineren wahrscheinlich unmittelbar keimende Gonidien, die grösseren ruhende Sporen sind. Zweierlei dickhäutige und ruhende Sporen endlich, Macrosporen und Microsporen, welche beide auf ähnliche Art vierweise in Mutterzellen sich bilden, zeigen mehrere Lycopodiaceen**), die den Lycopodiaceen sich anschliessende Gattung

*) Ich habe dieselbe im Oktober vorigen Jahres an einer bei Freiburg sehr häufigen Form der Chantransia chalybea Fries, welche Kützing (Sp. Alg. p. 430) als Ch. chalybea var. radians aufführt, beobachtet.

**) Dass sowohl die kleinen, als die grossen Sporen Keimfähigkeit besitzen, schliesst Göppert aus der Beobachtung von 2 verschiedenen Formen der jungen Pflänzchen bei Selaginella denticulata (Uebersicht der Arbeiten der schlesischen Gesellsch. für vaterl. Cultur 1845 p. 129).

Digitized by Google

Isoëtes*) und die Gattungen der sogenannten Rhizocarpeen: Marsilia, Pilularia und Salvinia. In den zuletzt genannten Beispielen haben wir uns übrigens schon sehr weit von der ursprünglichen Einfachheit des vegetabilischen Baues, wie wir ihn in den ersten Beispielen sahen, entfernt; sie konnten nur in sofern angeführt werden, als auch bei ihnen im Wesentlichen gleichartige Generationsreihen von Mutterzellen zuletzt in eine Verschiedenheit der Fructificationszellen ausgehen.

In den höheren Reihen des Pflanzenreichs geht der Verschiedenheit der Fructificationszellen auch eine bedeutendere Differenz der vegetativen Zellgenerationen voraus; die entschieden qualitativ differenzirten Fortpflanzungszellen (Befruchtungszellen und Keimzellen) bilden den Schluss nicht gleichartiger, sondern verschiedenartiger Zellgenerationsreihen, und zwar nicht aller, sondern nur gewisser Generationsreihen, während zahlreichere andere schon im vegetativen Organismus ihr Ziel und ihre Bestimmung erreichen, ohne in der letzten Generation zur Fructification zu gelangen. Während bei den niedrigsten Gewächsen alle vegetativen Zellen, als bloss gleichartige Wiederholungen, einer Ordnung angehören, scheiden sich bei den höheren in der Folge der Generationen die Zellen in verschiedene Ordnungen, in welchen sich der Organismus wechselseitig ergänzt, und durch welche ein nothwendigeres Zusammengehören und innigeres Verbundensein bedingt wird, als wir diess auf der niedersten Stufe, wo jede Zelle für sich allein zu vegetiren strebt, gesehen haben. Die Entwicklung verschiedener Ordnungen von Zellen, an welche bei den höheren Pflanzen die Ausbildung der organischen Differenzen im vegetativen Gebiete geknüpft ist, wird nun hauptsächlich durch die oben erwähnte Erzeugung verschiedenartiger Tochterzellen in einer und derselben

---

*) Bei Isoëtes entwickeln sich nach einer jüngsten brieflichen Mittheilung von Dr. Mettenius (Nov. 1849) während des Keimens der grossen Sporen in den kleinen Sporen Spermatozoidien, wodurch die analoge Beobachtung von Nägeli an Pilularia (Zeitschr. 1846 p. 188) bestätigt wird.

Digitized by Google

Mutterzelle, also differenter Schwesterzellen erreicht. Wir wollen diesen Fall an einigen Beispielen der einfachsten Art betrachten, um den Weg anzudeuten, den die Natur in der Erzeugung der Mannigfaltigkeit der Zellenbildung eines und desselben Gewächses einschlägt.

Die erste Scheidung vegetativer Dauerzellen von den mit Fortpflanzungszellen endigenden Generationsreihen finden wir bei den Nostoc-artigen Algen. Die aus einer Reihe von Zellen gebildeten, rosenkranzförmigen Fäden von Nostoc zeigen an dem einen, oder auch an beiden Enden, sowie auch hie und da mitten im Verlaufe des Fadens, einzelne, durch Grösse, regelmässige Rundung, dicke Haut und bleichen, homogenen Inhalt sich auszeichnende Zellen. Während nun die übrigen, kleineren, dünnhäutigen, aber mit dunklerem und oft körnigem Inhalt erfüllten Zellen fortfahren sich in rascher Aufeinanderfolge durch Theilung zu vermehren, bis sie endlich in letzter Generation, als von den vorausgehenden Generationen sich nur unmerklich unterscheidende Keimzellen, auseinanderfallen, so bleiben dagegen die erwähnten grösseren Terminal- und Interstitialzellen beinahe unverändert, indem sie weder eine weitere vegetative Theilung erleiden, noch anch an der Fortpflanzung Theil nehmen *). Die Entstehung dieser eigenthümlichen Grenzzellen kann nur dadurch statt finden, dass bestimmte Zellen sich in 2 ungleiche Tochterzellen theilen, von denen die eine zur vegetativen Dauerzelle, die andere zur Mutterzelle einer Reihe gleichartiger und mit Fructification schliessender Zellgenerationen wird. Wahrscheinlich theilt sich schon die erste Zelle (die Keimzelle) auf diese Weise in 2 ungleiche Zellen **), was sich dann später, wenn bereits ein Faden sich gebildet hat, aber in umgekehrter Ordnung, bei der Zelle am entgegengesetzten Ende, so wie

*) Mit Unrecht sind diese Zellen bisher für Samenzellen (Spermatia Kg.) gehalten worden.

**) Sehr junge Pflänzchen von Nostoc (oder Hormosiphon?) zeigten einen kurzen, mit einer Gallertblase umhüllten Faden, der nur auf einer Seite eine Grenzzelle hatte, welche ausserhalb der Gallertblase lag.

Digitized by Google

Theil des Fadens in der letzten Generation in Keimzellen über, bei Euactis nur im mittleren, bei Mastichothrix und Mastichonema nur im unteren dickeren, nicht aber im oberen haarförmigen Theile; bei Rivularia endlich verhalten sich die Zellen des unteren dickeren Theiles selbst wieder verschieden, indem die unterste (an die basiläre Dauerzelle grenzende) zu einer grossen, walzenförmigen, dickhäutigen Samenzelle wird, wie bei Cylindrospermum, während die folgenden kürzeren, aber noch inhaltreichen, vielleicht als zweite Art von Keimzellen zu betrachten sind*).

Von diesen Beispielen minder entschiedenen und oft noch schwankenden Wachsthumsgegensatzes in der zum Faden verketteten Zellreihe werfen wir unseren Blick auf einige weiteren, bei welchen der Gegensatz abwärts und aufwärts gehenden Wachsthums einerseits durch entschiedene Wurzelbildung, anderseits durch unzweifelhafte terminale Fortbildung der Zellreihe (zellbildendes Spitzenwachsthum) deutlicher hervortritt. Diesen Fall zeigen uns auf die einfachste Weise, nämlich mit stets einfachem Fadenstamm, Ulothrix und Oedogonium, zwei übrigens sehr verschiedene Gattungen, welche die neuere Algenkunde aus dem früheren Chaos der Conferven ausgeschieden hat. Ulothrix zonata**) besitzt bewegliche Keimzellen, deren sich 8—16, in schwächeren Theilen des Fadens zuweilen nur 4, in einer Mutterzelle bilden. Dieselben sind von länglich-eiförmiger Gestalt, am vorderen bleichen Ende mit 4 sehr feinen Flimmerfäden, und ungefähr in der Mitte mit einem wandständigen, in die Quere verlängerten rothen Bläschen im Innern versehen. Nach höchstens zwei Stunden lange anhaltendem Schwärmen gehen die Keimzellen in Ruhe, aber sogleich auch in Keimung über. Die Zelle verlängert sich alsdann nach zwei entgegengesetzten Richtungen, nach der

*) Es schien mir zuweilen, als ob die Samenzelle oder das sogenannte Manubrium von Rivularia durch Wiederzusammenschmelzen mehrerer vorher getrennter Zellen, analog dem Vorgang bei Palmogloea, entstehe, doch konnte ich mich nicht völlig davon überzeugen.

**) Vergl. Kützing, Phycol. gener. (1843) t. 80.

Digitized by Google

einen in eine dünne, hyaline, einfache oder an der Spitze getheilte Haftwurzel auswachsend, nach der anderen sich walzenförmig streckend und den Anfang eines grünen Fadenstammes bildend. Gewöhnlich am zweiten Tage theilt sich hierauf die erste Zelle ungefähr in der Mitte des oberen grünen Endes in zwei, und es entsteht somit eine untere wurzeltragende Zelle, welche sich nicht weiter theilt, und eine obere, welche, nachdem sie sich nicht ganz auf das doppelte verlängert hat, abermals in eine hintere längere und vordere kürzere Zelle zerfällt, von denen die letztere denselben Prozess wiederholt u. s. f. So bildet sich durch stets wiederholte Theilung der Spitzenzelle in zwei ungleichartige eine Reihe von Zellen zweiter Ordnung, die Gliederzellen des Fadens, deren erste zugleich die Wurzelzelle ist. Die einmal gebildeten Fäden von Ulothrix zonata wachsen nicht weiter in die Dicke, nehmen jedoch von der Basis nach der Spitze hin in der Art allmählig an Dicke zu, dass die vorderen Theile oft drei bis viermal dicker erscheinen, als die hinteren, der Wurzel näher liegenden *). Die Wurzelzelle, so wie die zunächst darauf folgenden, bleiben unverändert, und sind unfruchtbar; die folgenden Gliederzellen dagegen theilen sich, nachdem sie ungefähr die doppelte Länge ihres Querdurchmessers erreicht haben, in zwei gleichwerthige Zellen, also in Zellen zweiter Ordnung zweiter Generation, wodurch, da keine weitere Längendehnung mehr eintritt, Zellen entstehen, welche ungefähr gleiche Länge und Breite haben. Noch weiter nach vorn, also in dem dickeren Theile des Fadens, wiederholt sich diese Theilung noch ein bis zweimal, so dass Zellen zweiter Ordnung dritter oder vierter Generation entstehen, welche nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ mal so lang als breit sind. In den Zellen zweiter Ordnung letzter Generation bilden sich endlich durch abwechselnde Theilung des Inhalts nach den 3 Richtungen des Raums die Keimzellen **). Die Fäden

*) Daher die grosse Veränderlichkeit in der Dicke des Fadens, welche von $\frac{1}{100}$ bis zu $\frac{4}{100}$, ja zuweilen selbst $\frac{5}{100}$ Mill. wechselt.

**) Vergl. Nägeli, Algensysteme p. 137. t. 1. f. 53. 54.

Digitized by Google

von Oedogonium befolgen in ihrer ersten Bildung denselben Gang, wie diejenigen von Ulothrix zonata, unterscheiden sich aber in der nachfolgenden untergeordneten Theilung der ursprünglichen Gliederzellen, indem sich diese nicht in gleichwerthige, sondern selbst wieder in ungleichwerthige Zellen theilen, Reihen von Gliederzellen zweiten Grades bildend, wobei auch noch eine Längendehnung der untergeordneten Gliederzellen stattfindet. Die unterste Gliederzelle, welche sich an der Basis in einen scheibenförmigen, oft zierlich gelappten Wurzelfuss ausbreitet, und stets dicker und bauchiger ist, als die folgenden, sie ist die einzige, welche sich nicht weiter theilt und constant unfruchtbar bleibt. Die ruhenden Sporen dieser Gattung bilden sich in den anschwellenden Endzellen der untergeordneten Gliederreihen *).

Wie das Spitzenwachsthum so beruht auch die Zweigbildung der vielzelligen Algen auf einer Theilung der Zelle in zwei ungleiche Theile, von welchen der eine den Charakter der Mutterzelle behält, der andere abweicht; während jedoch beim Spitzenwachsthum die differente Zelle einer höheren Ordnung von Zellen zufällt, kehrt bei der Zweigbildung umgekehrt die differente Zelle zu einer niederen Ordnung zurück, indem sie zur Zelle erster Ordnung ersten Grades, d. h. zur Urzelle einer neuen Generationsreihe wird.

Am einfachsten erscheint die Zweigbildung bei Sirosiphon (Hassalia) und Hapalosiphon **). Einzelne Zellen der Zellreihe, welche den Fadenstamm dieser Algen bilden, theilen sich in senkrechter Richtung in zwei ungleiche Zellen, von denen die eine, meist grössere, Gliederzelle des Hauptfadens bleibt, während die andere, in wagrechter Richtung sich verlängernd, als neue Achse aus dem Stamm hervortritt und nun rechtwinklig zur neuen

*) Eine Algengattung mit einfachem Faden, der bloss durch zellbildendes Spitzenwachsthum, ohne untergeordnete Theilung der Gliederzellen gebildet wäre, ist mir nicht bekannt. Unter den verzweigten Algen bildet Batrachospermum seinen Stamm auf diese Weise.

**) Kützing, Spec. Alg. p. 894.

Digitized by Google

Achse sich abermal in zwei ungleiche Zellen theilt, eine Spitzenzelle und eine erste Gliederzelle des Zweigs. Die weitere Fortbildung des Zweigs geschieht, wie beim Hauptfaden, durch wiederholte Theilung der Spitzenzelle, welcher noch eine spätere Theilung der Gliederzellen nachfolgt. In anderer Weise geht die Zweigbildung vor sich bei den Cladophoren (den verzweigten Conferven älterer Autoren), bei welchen die Zweige, einzeln oder auch zuweilen paarig gegenüberstehend, aus dem oberen Rande der Gliederzelle hervorsprossen, indem sich zuerst eine Aussackung, gleichsam eine neue, seitlich hervortretende Spitze der Zelle bildet, welche, durch Theilung der so erweiterten Zelle in den alten und neugebildeten Theil, zur ersten Zelle des Zweigs wird. Aehnlich verhält sich die Zweigbildung bei Chantransia, Bulbochaete, Chaetophora und Coleochaete pulvinata. Bei den zwei zuletzt genannten Beispielen kommt ausserdem eine absteigende Zweigbildung aus dem unteren Rande der Gliederzellen vor, und zwar so, dass manchmal aus derselben Zelle des Stamms am oberen Rande ein aufsteigender, am unteren ein absteigender Zweig entspringt. Abgesehen von der umgekehrten Richtung ist die Entstehungsweise dieser absteigenden, wurzel- oder besser stolonenartigen Zweige dieselbe, wie die der aufsteigenden.

Eine weitere Reihe mannigfaltiger organischer Differenzen tritt nun in dem Verhältniss der Zellbildung der Zweige zur Zellbildung des Stamms auf. Ist die Zellbildung in den Zweigen eine begrenzte, bleiben die Zweige hiebei an Grösse beträchtlich hinter dem Stamm zurück, so lassen sie sich Blättern vergleichen. So z. B. bei Draparnaldia, bei welcher die meist paarig aus einer Zelle des Stamms entspringenden Zweige, so wie die wieder aus diesen entspringenden Zweiglein zweiter Ordnung, aus weit kleineren Zellen gebildet sind, als der Stamm, von denen die oberen, längeren die hyalinen Haarspitzen der Zweige darstellen, während die unteren, kürzeren, reichlich mit grünem Inhalt versehenen die Keimzellen in sich erzeugen. Die grossen Zellen des Stamms sind bei Draparnaldia unfruchtbare Vegetations-

Digitized by Google

die immer mannigfaltiger sich theilende und ordnende Generationsfolge der Zellen und die zugleich immer mehr sich entwickelnde Verschiedenheit in der Gestaltung und Lebensthätigkeit der einzelnen Zellen selbst. Um hier weiter zu gehen, müsste gezeigt werden, wie sich aus der einfachen Zellreihe zusammengesetzte Zellkörper bilden, indem die Gliederzellen des Stamms Mutterzellen neuer, untergeordneter Generationsreihen werden, welche nach neu eintretenden Richtungsgesetzen sich in den gegebenen Raum der Gliederzelle theilen, sei es, dass sie denselben in gleichartige Theile zerfällen, wie bei Myriotrichia*) und Sphacelaria, oder in ungleichartige, indem sich ein Zellkreis um eine Centralzelle bildet, wie bei Polysiphonia**); es müsste ferner gezeigt werden, wie sich durch weiter fortgesetzte Theilung der Zellen in der Peripherie des Stengels, ausgehend von gleichheitlicher***) oder ungleichheitlicher †) Theilung der Gliederzellen, ein Unterschied von Rinde und Markgewebe entwickelt; wie sich ferner bei den Gefässpflanzen die Gefässe im Parenchyme des Stengels bilden, d. h. wie ihre Entstehung

---

*) Nägeli, Algensysteme p. 147. t. 3. f. 13—19.

**) Kützing, Phycol. gener. t. 50. f. III. Nägeli, über Polysiphonia (Zeitschr. 1846) p. 207. t. 6 und 7.

***) Vergl. Stypocaulon in Kützing Phycol. gener. t. 18; auch bei Lemania geht die Bildung des zusammengesetzten Gewebes von einer durch horizontale Theilung einer Spitzenzelle entstehenden einfachen Reihe von Gliederzellen aus, welche sich zunächst durch kreuzweise senkrechte Theilung in 4, dann durch wiederkehrende wagrechte Theilung in 8 gleiche Zellen theilen. Auf welche Weise hierauf die Scheidung in peripherische und centrale Zellen vor sich geht und wie die Theilung nun im Inneren fortschreitet, ist nicht leicht zu bestimmen, doch zeigt der Erfolg, dass die Theilung im Innern hinter der in den peripherischen Zellen stattfindenden weit zurückbleibt, indem sich nach aussen eine sehr kleinzellige, zweischichtige Rinde bildet, während das Innere von vielfach-grösseren, im Centrum auseinanderweichenden und eine Markhöhle bildenden Zellen eingenommen wird.

†) Vergl. Ptilota (Kütz. Phyc. gener. t. 46. VI); Naccaria (ibid. t. 44. IV); Alsidium Helminthochorton (ibid. t. 45. II); Laurencia (Nägeli, Algensyst. t. 8).

Digitized by Google

mit der Generationsfolge der übrigen Zellen zusammenhängt *); ebenso müsste gezeigt werden, wie die Zellbildung im Blatt nach bestimmtem Gesetze fortschreitend die einfache Zellfläche, wie die meisten Moose sie zeigen, und bei den höheren Pflanzen die mehrschichtige Fläche mit verschiedener Anordnung und Richtung der Zellen in den verschiedenen Schichten erzeugt, wie auch hier wieder die Bildung der Gefässbündel in mannigfaltigster Vertheilung in das Gewebe eingreift, und wie diese Gefässbündel in ihrer Entstehung mit denen des Stengels zusammenhängen; es müsste endlich gezeigt werden, wie über alle in der Stufenbildung des Organismus und dem Gegensatz seiner Organe zur vegetativen Dauer und zum endlichen Abschluss gelangende Zellgenerationen hinaus gewisse Generationsreihen, dem vegetativen Abschluss sich entziehend, zuletzt in der Bildung von Fortpflanzungszellen ihre von allen anderen Reihen vorbereitete, geschützte und unterstützte Bestimmung erreichen. Wir haben hiemit eine Aufgabe bezeichnet, von deren Lösung wir noch weit entfernt sind, doch mag das Angeführte dazu dienen, die Bedeutung der Zelle als Organ der schrittweisen Selbstbegrenzung und Abschliessung des Lebens in all seinen Bildungsbewegungen, als stets erneutes Sonderungsgebiet des in seinem Fortschritt sich gliedernden Wachsthums klar zu machen, anzudeuten, wie der untergeordnete Lebenskreis der Zelle um so inniger in das Ganze des Organismus eingewoben wird, je mehr die specifische Lebensaufgabe sich in ihre Momente scheidet.

Betrachten wir nun die einzelne Zelle für sich näher, so muss zunächst bemerkt werden, dass der Ausdruck Zelle nicht ganz dem entspricht, was wir eigentlich damit bezeichnen, denn wir verstehen unter Zellen nicht bloss die häutigen Blasen oder Schläuche, welche das Gewebe bilden, sondern auch ihren Inhalt; wir nennen Zelle nicht bloss das durch ringsum abge-

---

*) Dass auch die sogenannten Gefässe der Pflanzen nur Zellreihen eigenthümlicher Art sind, kann aus Unger's Abhandlung über die Genesis der Spiralgefässe ersehen werden (Linnaea 1841 p. 385. t. 5).

Digitized by Google

schlossene Wände gebildete Kämmerlein, in welches das Pflanzenleben sich zurückzieht, sondern eben auch seinen lebendigen Bewohner, den mehr oder weniger flüssigen und innerlich bewegten Körper, der innerhalb der Kammer noch mit eigener zarter Haut (dem Primordialschlauch) begrenzt ist. Die Zelle ist somit ein kleiner Organismus, der sich nach aussen seine Hülle bildet, wie die Muschel ihre Schaale, die Schnecke ihr Haus, der Krebs seinen Panzer. Der von dieser Hülle umschlossene Inhalt aber ist der wesentliche und ursprüngliche Theil der Zelle, ja er muss als Zelle betrachtet werden, schon ehe er seine Ueberkleidung erhalten hat. Von dem Inhalt geht alle Lebensthätigkeit der Zelle aus, während die Haut ein nach aussen abgesetztes Product ist, ein Sekretionsgebilde, das nur noch passiv am Leben Theil nimmt, den Verkehr des Inneren mit der äusseren Umgebung vermittelnd, die Nachbarzellen trennend zugleich und verbindend, der einzelnen Zelle im Zusammenhang mit dem ganzen Gewebe Schutz und Festigkeit verleihend. Die Ausbildung der Zellhaut, als eines Productes der Zellenthätigkeit, steht daher im umgekehrten Verhältniss zur Lebensthätigkeit der Zelle selbst. In der Jugend dünn, weich und dehnbar, lässt die Zellhaut reichliche Ernährung und fortschreitendes Wachsthum der Zelle zu; später schichtweise sich verdickend und zugleich verhärtend, drängt sie den Inhalt in immer engere Grenzen zusammen, schliesst den Verkehr mit der Aussenwelt mehr und mehr ab und setzt dem Wachsthum ein Ziel. So baut sich das Leben der Pflanze in der Zelle selbst seinen Sarg, erstirbt zuletzt in seinem eigenen Gebilde.

Dass die Entstehung der Zelle ihrer Umkleidung mit Zellhaut vorausgeht, zeigen uns diejenigen Fälle am deutlichsten, in welchen die Zelle frei, d. i. ohne Berührung mit den Wänden der Mutterzelle, entsteht, oder wo sie unmittelbar nach ihrer Entstehung durch Geburt frei wird. Der letztere Fall tritt bei den Schwärmzellen oder beweglichen Gonidien der Algen ein, welche, solange die Bewegung andauert, noch keine vom Inhalt trennbare Zellhaut besitzen und als bloss durch den mit dem Inhalte innig verbundenen

Digitized by Google

Primordialschlauch begrenzt betrachtet werden müssen. Es ist bekannt, dass durch Einwirkung von verdünnten Säuren oder Weingeist der Inhalt der Zelle sich zusammenzieht und ganz oder theilweise von der Zellhaut entfernt, welche dadurch als ein scharf von dem Inhalt getrenntes Gebilde erscheint. Die beweglichen Gonidien von Oedogonium, Bulbochaete, Ulothrix, Draparnaldia, Stigeoclonium, Chaetophora, Hydrodictyon und anderen Gattungen, welche ich in dieser Beziehung wiederholt untersucht habe, ziehen sich bei solcher Behandlung im Ganzen zusammen, ohne eine farblose Haut an der Grenze ihrer früheren Grösse zurückzulassen, was dagegen stattfindet, sobald die Keimung begonnen hat. So zeigten die Gonidien von Ulothrix und Hydrodictyon eine hyaline Blase, von welcher sich der Inhalt bei Anwendung von Jodtinktur zurückzog, schon wenige Stunden nach eingetretener Ruhe, an demselben Tage, an welchem sie geboren wurden. Dass diese Gonidien übrigens schon vorher eine andere, mit dem Inhalt innig verbundene Haut (einen Primordialschlauch) besitzen, dafür spricht ihre glatte und scharfe Begrenzung, dafür sprechen ferner die Erscheinungen, welche der häufig bald nach der Geburt eintretenden Auflösung schwächlicher Gonidien vorhergehen. Man sieht in solchen Fällen die Zelle sich kugelig runden und anschwellen; es entstehen durch Wassereinsaugung grosse hyaline Räume, welche den Inhalt auf wenige Stellen zusammendrängen. Eine hautartige Begrenzung leistet hiebei dem bald darauf erfolgenden Zerfallen und Zerfliessen der Zelle deutlich einige Zeit Widerstand. Bei sehr grossen Gonidien, namentlich denen der Vaucheria clavata, zeigt diese Haut eine ziemliche Dicke, so dass sie deutlich als solche unterscheidbar ist; aber gerade hier zeigt sich auch, dass sie ganz andere Eigenschaften besitzt als die sie später umkleidende Zellhaut. Während die Zellhaut, wenn sie auch noch so zart ist, zäh und dehnbar erscheint, zeigt sich die Primordialhaut weich und brüchig, so dass die geringste Verletzung den Zusammenhang trennt, welche Trennung jedoch mehr ein Auseinandergehen

Digitized by Google

oder Auseinanderfliessen genannt werden kann, als ein Zerreissen *). Diese Primordialhaut ist es, welche bei Vaucheria die zahlreichen, die ganze Oberfläche der Zelle bedeckenden Flimmercilien trägt, welche aus der Substanz der Haut selbst gebildet und blosse Fortsätze dieser zu sein scheinen. Durch Jodtinktur verkürzen sich die Cilien etwas und färben sich braungelb, welche Färbung um so deutlicher erscheint, je zahlreicher und dichter die Cilien beisammenstehen, wie diess, nach Vaucheria, hauptsächlich bei Oedogonium und Bulbochaete der Fall ist, wo sie einen dichten Wimperkranz bilden. Der Körper der Keimzelle färbt sich durch Jodtinktur dunkelbraun; die im Bewegungsstadium meist vorhandene hyaline Spitze, so wie die bei den kleineren Schwärmzellen vom Inhalt nicht unterscheidbare Primordialhaut, nehmen, zuweilen etwas lichter erscheinend, mit an dieser Färbung Theil, d. h. der ganze Körper erscheint bis zur äussersten Grenze braun, lässt keine hyaline Begrenzung unterscheiden. Es stimmt diese Färbung mit dem bekannten Verhalten des Primordialschlauchs der Zellen der Phanerogamen überein **). Nicht nur bei Vaucheria, sondern bei allen Algen, deren Keimzellen eine Flimmerbewegung von kürzerer Dauer zukommt, verschwinden die Cilien mit dem Eintritt der Ruhe und vor Bildung der eigentlichen Zellhaut. Der Primordialschlauch scheint seine Fortsätze in sich zurückzuziehen, ehe er die Cellulose an seiner Oberfläche ausscheidet. Anders, und in Beziehung auf das Verhältniss der Flimmerfäden zum inneren Körper der Zelle besonders lehrreich, verhalten sich eine Reihe algenartiger Gewächse, bei welchen die Flimmerbewegung von längerer Dauer ist, und welche desshalb bisher gewöhnlich unter die Infusorien gerechnet wurden, die Chlamidomonaden und Volvocinen ***). Bei dem schon oben (p. 147) erwähnten

*) So nach Unger, die Pflanze im Momente der Thierwerdung (1843) p. 36.

**) Vergl. H. v. Mohl, bot. Zeit. 1844. p. 276.

***) v. Siebold (de finibus inter regnum animale et vegetabile, 1844, p. 12), war wohl der erste, welcher die Volvocinen mit Entschiedenheit dem Pflanzenreich zuerkannte.

Digitized by Google

Chlamidococcus pluvialis werden die beweglichen, am spitzigen Ende flimmertragenden Zellen nackt geboren, wie die Schwärmzellen anderer Algen; allein schon nach wenigen Stunden zeigt sich in der Peripherie des Körpers eine zarte, hyaline Haut, welche durch eine nachfolgende flüssigere Secretion während der ungefähr dreitägigen Lebens- und Wachsthumszeit dieser Schwärmer mehr und mehr von dem Körper der Zelle entfernt wird, eine abstehende Hülle, gleichsam ein weites Hemd um denselben bildend. Die Flimmerbewegung dauert während dieser ganzen Bildung fort, nur wird sie allmählig schwächer und mühsamer, indem die an der Basis der zwei langen Flimmerfäden sich immer weiter heraufschiebende Zellhaut der schwingenden Bewegung derselben nach und nach hinderlich wird. Hier zeigt es sich somit unzweifelhaft, dass die Flimmerfäden dem eigentlichen Körper der Zelle und dem ihn begrenzenden Primordialschlauch, nicht aber der umhüllenden Zellhaut angehören*). Eine andere hieher gehörige Alge, welche ich Gloeococcus genannt habe, bildet statt der festeren Zellhaut eine halbflüssige gallertartige Hülle um ihren grünen Körper, welcher am spitzigeren Ende 2 sehr lange Flimmerfäden trägt, welche völlig in die gallertartige Umhüllung aufgenommen werden**). Bei Gonium, Volvox, Pandorina und einem

*) Vergl. v. Flotow in den Act. nat. cur. XX. 2. (1844) t. 25. f. 58—70, in Beziehung auf welche Figuren ich jedoch bemerke, dass ich die Flimmerfäden niemals ganz ins Innere der Hülle zurückgezogen gefunden habe.

**) Die Gattung Gloeococcus zeigt folgende Charaktere: eiförmige, grüne Zellen mit einer farblosen Spitze, von welcher sich ein verkehrt trichterförmiger hellerer Raum ins Innere erstreckt, und einem grösseren Bläschen im hinteren Ende. Vermehrung durch einfache, oder durch doppelte, im letzteren Falle decussirte, Zweitheilung, wobei aber die Zellen durch Absonderung weichgallertartiger, ineinander verfliessender Hüllen locker verbunden bleiben und grössere, kugelige, zuletzt unförmige Familien bilden. Die Zellen aller während der Bildung dieser Familien sich folgenden Generationen, mit Ausnahme der transitorischen (in dem Falle doppelter Zweitheilung), sind mit 2 sehr langen, persistenten Flimmerfäden versehen, welche nur beim Eintritt der Theilung verschwinden. Die Zellen zeigen

Digitized by Google

ähnlichen aus 8 engverbundenen Zellen gebildeten Gewächse, welches vielleicht Kützing's Botryocystis Morum ist, besitzt gleichfalls jede Zelle 2 Flimmerfäden, welche, vom inneren Körper der Zelle entspringend, aus der Gallerthülle hervorragen und durch ihre Schwingungen die ganze Familie in Bewegung setzen.

Der Mangel einer eigentlichen Zellhaut bei den neugeborenen Algengonidien wird noch unzweifelhafter, wenn man dieselben in ihrer Entstehung und Geburt genauer beobachtet; wir wollen beide bei Ulothrix und Oedogonium etwas näher betrachten. Bei Ulothrix erleiden die Zellen des Fadens, wie schon oben (p. 159) angeführt wurde, eine mehrmalige Theilung, jedoch immer in der gleichen, in Beziehung zur Längsachse des Fadens rechtwinkeligen Richtung (horizontale Theilung). Sobald die Theilung vollendet ist, lässt sich auch der Inhalt von der neugebildeten Wand durch Säuren oder Jodtinktur trennen, welches beweist, dass eine solche Trennung

---

innerhalb der umhüllenden und verbindenden Gallerte eine schwache, das vordere Ende von Zeit zu Zeit herüber- und hinüberrückende, oder auch plötzlich etwas zurückweichende Bewegung. Die letzte Generation der Familie verlässt endlich die Gallertmasse und schwärmt aus, um sich an irgend einem anderen Orte ruhend niederzulassen. Wahrscheinlich geht der Bildung neuer Familien nun ein längerer Ruhezustand, vielleicht auch mehrere ruhende Generationen voraus, worüber es jedoch noch an Beobachtungen fehlt. Bei Gl. mucosus sind die ausgewachsenen Zellen $\frac{1}{60}$ — $\frac{1}{50}$ Mill. lang, die auf dem Grunde kleiner Weiherchen sich bildenden Familienstöcke erreichen Apfelgrösse und haben eine niedergedrückt kugelige, oft lappige Gestalt, bis sie endlich zerfallen und in unregelmässigen Stücken auf die Oberfläche des Wassers kommen. Die Gallertmasse hat ein eigenthümliches grünlich geflecktes Ansehen, was daher rührt, dass untergeordnete Verwandtschaftskreise enger zusammenhalten. Eine andere, davon vielleicht specifisch verschiedene Form (Gl. minor) erscheint im Frühjahr in den Brunnen zu Freiburg, in Form lichtgelbgrüner, höchstens haselnussgrosser, oft birnförmiger Stöcke an den Wänden der Brunnentröge ansitzend, zuletzt sich ablösend, schwimmend und unförmig. Die Zellen sind etwas kleiner, nur $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{75}$ Mill. lang.

Digitized by Google

auch bei einer sehr jungen und zarten Zellhaut möglich ist. Mit dem Eintritt der Fructification tritt ein neues Theilungsgesetz ein, nämlich eine successive Theilung des Zellinhalts in den 3 Richtungen des Raums, beginnend mit zwei rechtwinkelig sich kreutzenden senkrechten Theilungen, welchen eine horizontale und, wenn es dabei nicht bleibt, abermals eine senkrechte Theilung folgt. Diese Theilungen folgen so rasch aufeinander, dass es nur selten gelingt, die ersten Theilungen ohne die letzten zu sehen. Schon dieser Umstand macht es unwahrscheinlich, dass mit jeder nächsten Theilung sofort auch eine die Theile umkleidende Zellhautbildung eintritt, und die bei der Geburt der Keimzellen eintretenden Erscheinungen, welche ich nachher beschreiben werde, zeigen vollends die Unzulässigkeit einer solchen Annahme. Auf die eben angegebene Weise entstehen durch fortschreitende Theilung zuerst 2, dann 4, dann 8, endlich 16 Zellen in der einzelnen Gliederzelle des Fadens; würde jeder Theilung eine Zellhautabscheidung nachfolgen, so müsste die ursprünglich einfache Kammer der Mutterzelle successive in 2, 4, 8, 16 Kammern getheilt werden, die weichen Zellhautplatten der neugebildeten Wandungen würden, da sie sich gleich ursprünglich berühren, miteinander verwachsen, und die letzten, aus dem Theilungsprozess hervorgehenden Theile (die Keimzellen) würden sich somit in einem durch vierfache Einschachtelung gebildeten und durch Verwachsung der ineinandergeschachtelten Blasen befestigten Fächerwerk befinden. Von einem solchen Fächerwerk ist bei der Geburt der Keimzellen auch nicht die geringste Spur zu sehen. Sollten also dennoch den einzelnen Theilungen des Inhalts Zellhautbildungen nachgefolgt sein, so müsste die ganze Reihenfolge der Specialmutterzellen in dem Zeitraum von wenigen Stunden, in welchem Theilung und Geburt erfolgt, nicht nur gebildet, sondern sogleich auch wieder resorbirt worden sein, eine Annahme, welche hier, wie in anderen Fällen transitorischer Zellbildung *),

*) Besonders deutlich kann man sich von der manchen Zellgenerationen mangelnden Zellhautbildung bei manchen Palmellaceen überzeugen, bei welchen

Digitized by Google

als durchaus willkührlich und von keiner Beobachtung unterstützt erscheinen würde. Die Geburt der Keimzellen von Ulothrix geschieht auf folgende Weise: die Mutterzelle öffnet sich seitlich durch Zerreissen der Zellhaut; an dieser Zerreissung nimmt jedoch die innerste zarte Lamelle der Mutterzellhaut keinen Antheil, sondern dringt, durch Wassereinsaugung anschwellend und ausgedehnt, und durch diese Ausdehnung von den äusseren Schichten der Mutterzelle abgelöst, in Form eines Sackes hervor. Nur selten zerreisst dieser Sack während seines Hervorquellens und entlässt die Keimzellen einzeln; meistens tritt er nach und nach ganz hervor und hält, als kugelrunde Blase, die in seinem Innern bereits lebhaft bewegten Keimzellen noch einige Zeit vereinigt. Endlich berstet das Säckchen und die Keimzellen fahren rasch nach allen Seiten auseinander. Auch nach der Entleerung kann man es als höchst zarte wasserhelle Blase, ohne die geringste Spur von sekundären Mutterzellhäuten im Innern, noch unterscheiden. Zuweilen kommen Missgeburten vor, welche das Fehlen der letzteren noch bestimmter darthun. Es ereignet sich nämlich zuweilen, dass die Keimzellen sich von der Mutterzellblase nicht ablösen, sondern mit derselben verwachsen bleiben. Solche Blasen werden wie andere geboren; die eingeschlossenen Keimzellen werden durch die Ausdehnung der Blase von einander entfernt, ohne die Wand derselben verlassen zu können. Auch in diesem Falle sieht man von zwischenliegenden Membranen keine Spur. Einen sehr ähnlichen Vorgang, jedoch ohne Zer-

---

statt dünnerer festerer Zellhäute, dicke, weiche, gallertartige Hüllen, manchmal wechselnd mit zärteren membranösen Lamellen, sich bilden, bei welchen daher das Ausbleiben der Bildung dieser Hüllen sehr auffallend ist. Als Beispiel vergleiche man die Abbildung von Gloeocystis vesiculosa bei Nägeli, einzell. Algen t. IV. F. Die Vermehrung der Zellen geschieht durch einfache oder doppelte Zweitheilung, d. h. bald tritt schon nach der ersten Zweitheilung vegetative Entwicklung und Hüllenbildung ein, bald erst nach der zweiten, indem die 2 zuerst gebildeten transitorischen Zellen keine Hüllen bilden. Der erstere Fall ist in Figur **m** der genannten Tafel, der letztere in Figur **o** und **f** dargestellt.

Digitized by Google

reissung der Blase, in welcher die beweglichen Keimzellen sich vielmehr zur geordneten Kolonie verbinden, habe ich bei Pediastrum beobachtet*). Bei Oedogonium bildet sich in je einer Zelle des Fadens nur eine einzige Keimzelle. Die Geburt derselben wird durch ein äusserst regelmässiges Aufspringen der Mutterzelle in der Richtung der nahe am vorderen Ende der Zelle befindlichen ringförmigen Querfalte bewerkstelligt, so dass die Zelle sich wie mit einem Deckel öffnet, wobei der sich ablösende obere Theil auf der einen Seite oft noch festhält und sich also einseitig aufklappt, was natürlich, wenn die sich öffnende Zelle in der Mitte des Fadens liegt, eine Knickung oder knieförmige Beugung zur Folge hat. Der bis dahin dicht an der Zellwand anliegende, bloss durch seine dunklere Färbung die bevorstehende Geburt verrathende Zellinhalt wird nun ganz allmählig aus der Oeffnung der büchsenartigen Zelle hervorgeschoben, schon während seiner Wanderung am hinteren, vom Boden der Zelle abgehobenen Ende eine hellere Stelle zeigend, welche nach der Geburt sich als zitzenartige, den Wimperkranz tragende, hyaline Spitze deutlicher entwickelt. Während der Geburt geht auch hier der Keimzelle eine höchst zarte Blase voraus, welche sich allmählig zu einem grossen Sacke ausspannt, dessen hintres Ende jedoch die Mutterzelle nie verlässt. Oft erst nach mehreren Minuten zerreisst dieser Sack und entlässt die schon innerhalb desselben in drehender Bewegung befindliche Schwärmzelle, welche nun pfeilschnell davon eilt. Die Blase ist auch hier nichts anderes, als die innerste, noch weiche, an dem Aufspringen nicht Theil nehmende und durch Wassereinsaugung sich ausdehnende Lamelle der Mutterzellhaut; sie wird durch Anwendung von Jodtinktur, auch ohne Vorbereitung durch Schwefelsäure, deutlich blau gefärbt. Dass die auf die beschriebene Weise aus ihrem Gefängniss befreite Keimzelle nicht selbst noch eine Zellhaut besitzt, sondern den blossen Inhaltskörper der Mutterzelle darstellt, dafür spricht, wie bei Vaucheria, ihr schwacher Zusammenhalt,

---

*) Vergleiche Tafel 2 und die nähere Beschreibung im Anhang.

Digitized by Google

Ich sah einmal bei Oedogonium apophysatum während der Geburt einen abgerissenen kleineren Theil des Zellinhaltes zurückbleiben und sich zu einer besonderen Kugel gestalten, die nicht zur Geburt und Bewegung kam, sondern in der Zelle zurückblieb. Ein im Hintergrunde der Zelle stattfindendes geringes, auf einen kleinen Punkt beschränktes Ankleben des Zellinhaltes an der Zellwand gab in diesem Falle wahrscheinlich zur Zerreissung des ersteren Veranlassung. Bei Vaucheria clavata sah ich öfters ein Zerfallen der Keimzelle in zwei ungefähr gleiche Theile durch die bei der Geburt derselben eintretende Einschnürung*) zwischen dem vorderen, schon geborenen und dem hinteren, noch in der elastisch sich zusammenziehenden Mutterzelle (dem sogenannten Fruchtkolben) eingeklemmten Theile eintreten. Einen ähnlichen Fall beobachtete ich auch bei Stigeoclonium subspinosum. Eine zur Hälfte geborene, d. i. aus der seitlichen Oeffnung der Mutterzelle hervorgetretene Keimzelle wurde durch die Zusammenziehung der kleinen Oeffnung der elastischen Mutterzelle in der Weise eingeschnürt, dass der hintere Theil nicht mehr durchdringen konnte. Der ausserhalb befindliche, die Flimmerfäden tragende gerieth in zitternde Bewegung, die um so stärker wurde, je mehr die Abschnürung von dem hinteren, gefangenen Theile, der zuletzt nur noch an einem feinen Faden hieng, zunahm. Endlich

---

*) Man vergleiche die anschauliche Schilderung, welche Unger l. c. p. 23—27 von diesem Vorgang giebt. Wenn jedoch der Verfasser dieser interessanten Schrift behauptet, der Entbindungsakt der Keimzelle von Vaucheria sei kein passiver, sondern ein rein selbstständiger, so kann ich ihm hierin nicht beistimmen. Die Anschwellung des Fruchtkolbens vor dem Aufreissen desselben, so wie die halbkugelige Wölbung der abwärts in den Faden herabgedrückten unteren Querwand desselben zeigen deutlich, dass der zur Keimzelle sich ausbildende Inhalt des Fruchtkolbens eine Entwicklung erhält, welcher die feste Mutterzellhaut nicht folgen kann, so dass diese in einen Zustand gewaltsamer Ausdehnung versetzt wird, welcher zuletzt das Aufspringen derselben und sofort, durch Zusammenziehung der Wände, die allmählige Hinausschiebung der Keimzelle zur Folge hat.

Digitized by Google

riss sich der geborene Theil los und eilte davon, während der ungeborene ruhend in der Mutterzelle zurückblieb. Der ganze Vorgang dauerte einige Minuten.

Dass die Bildung der Zellhaut der abgeschlossenen Constituirung der Zelle erst nachfolgt, zeigen uns ferner alle diejenigen Fälle, in welchen die Bildung neuer Zellen frei und ohne Berührung mit der Mutterzellhaut vor sich geht. Bei der Bildung der ruhenden Samenzellen von Oedogonium sieht man den consistenteren, aus grünlich gefärbtem, mit Chlorophyll- und Amylonbläschen gemischten Schleim bestehenden, während der früheren vegetativen Lebenszeit der Zelle einen inneren Wandüberzug bildenden Zellinhalt von seiner Haut sich zurückziehen und so eine neue, ringsum freie, zur Fortpflanzung bestimmte Zelle darstellen. Der so von den Wänden der alten Kammer abgelöste, in neuer Gestalt und mit veränderter Lebensrichtung auftretende Zellkörper erscheint regelmässig gestaltet und begrenzt, ehe eine Spur der ihn später umkleidenden Zellhäute sichtbar ist. Er nimmt meist vollkommene Kugelgestalt an, wenn auch die Mutterzelle länglich ist*); seine Oberfläche erscheint in dieser ersten Bildungszeit durch das Protuberiren der Chlorophyllbläschen etwas uneben; der ganze innere Raum ist erfüllt und dunkelgrün. Sehr langsam und allmählig erscheint nun an der Oberfläche eine anfangs einfache, später doppelte, zuweilen selbst dreischichtige Zellhaut, während zugleich im Inhalt Chlorophyll- und Amylonbildung mehr und mehr verschwinden, wogegen röthlichgefärbte Oeltropfen auftreten, die zuletzt fast allen Raum einnehmen und der Samenzelle ein braunrothes, zuweilen selbst mennigrothes Ansehen geben. Auf ähnliche Weise, wie bei Oedogonium, entstehen die Samenzellen bei den Zygnemaceen, nur mit dem Unterschiede, dass hiebei der Inhalt zweier Kammern sich zur Bildung einer Samenzelle vereinigt**). Die der Gestaltung und Begrenzung der Zelle erst

*) So namentlich bei Oedogonium Landsboroughii (Hassal).
**) Siehe Nägeli, über freie Zellbildung (Zeitschr. 1847 p. 27).

Digitized by Google

als sekundäre Erscheinung nachfolgende Zellhautbildung lässt sich ferner sehr schön beobachten bei Sphaeroplea*). Die Glieder dieses Wasserfadens sind von ungewöhnlicher Länge, 10 — 20 mal so lang als breit. Die Vertheilung des Inhalts ist äusserst zierlich und lässt sich einigermaassen mit derjenigen von Spirogyra vergleichen, jedoch mit dem Unterschiede, dass das Chlorophyll nicht spiralige, sondern ringförmige Bänder bildet, deren 20 — 30 in einer Zelle als grüne Reife den inneren Raum umgürten. In der Mittellinie dieser Reife zeigen sich, wie in den Spiralbändern von Spirogyra, Amylonbläschen, und zwar 5 — 7 in einem Reife; die Fläche des Reifes erscheint ausserdem durch sehr feine Körnchen punktirt, die Ränder unregelmässig gezähnelt. Die Aussenfläche der Reife liegt flach an der Zellwand an, die Innenfläche ragt durch einen starken Kiel in das Lumen der Zelle hinein. Sämmtliche Reife sind verbunden durch eine zarte, farblose Schleimschicht oder Primordialhaut, welche die ganze Innenfläche der Zellhaut auskleidet, und durch welche sich äusserst zarte, hie und da sich verzweigende und anastomosirende grüne Längsstreifen hinziehen, welche von den Zähnen der Reife auslaufen. Die sonderbarste Eigenthümlichkeit in der Gestaltung des Zellinhaltes bei Sphaeroplea ist jedoch die in demselben stattfindende Fächerbildung. Jeder Reif oder Gürtel ist nämlich der Träger eines zarten, farblosen Diaphragma's, welches von dem ringförmigen Kiel desselben entspringt und quer durch das Lumen der Zelle ausgespannt ist. Diese Scheidewände, durch welche das Innere der Zelle zu einem vielfächerigen Schlauche wird, haben jedoch mit der äusseren Zellhaut durchaus keine Gemeinschaft; sie hängen bloss mit der Schleimschicht der Zellen zusammen und sind aus derselben Substanz, wie diese, gebildet. Die Entstehung dieser Fächer zu verfolgen fehlte mir die Gelegenheit, indem ich die hiezu nöthigen Jugendzustände der Sphaeroplea bis jetzt nicht auffinden konnte; doch kann es

*) Meine Beobachtungen über diese merkwürdige Algengattung sind im Herbst 1847 an Sphaeroplea Braunii Kz. (Sp. Alg. p. 462) gemacht.

Digitized by Google

kaum zweifelhaft sein, dass sich ihre Anwesenheit und Anordnung durch Entstehung einer Reihe von Wasserhöhlen in dem ursprünglich homogenen Inhalte (dem Protoplasma) der Zelle erklärt, wofür auch das nicht seltene Vorkommen kleinerer und grösserer, in den Reifen selbst liegender Zwischenblasen spricht. Dieser ganze, so künstlich geordnete Bau des Zellinhaltes fällt zusammen, sobald die Fructification eintritt. Zuerst lösen sich die Reife etwas von der Zellhaut ab, so dass der innere Schlauch gürtelartig eingeschnürt und gegliedert erscheint; dann verschwindet der Primordialschlauch mit den Zwischenwänden gänzlich, die grünen Reife lockern sich unregelmässig auf; man sieht sie umfallen, zerreissen, in unförmige Klumpen zerfallen. Bald aber sammelt sich der Inhalt aus dieser Auflösung zu einer neuen Bildung; die unregelmässigen grünen Klumpen runden sich und gestalten sich zu regelmässigen, scharf begrenzten Kugeln, deren sich 2 — 3 mal so viele in einer Mutterzelle bilden, als Chlorophyllreife in derselben vorhanden waren. In der ersten Zeit nach ihrem Entstehen zeigen diese zu Samenzellen sich ausbildenden Ballen eine schwache, schwankende oder drehende Bewegung, bald aber gelangen sie zur Ruhe und umgeben sich mit einer glatten, farblosen Zellhaut, die aber nach kurzer Dauer wieder abgeschält und durch eine zweite höckerig-zackige Zellhaut von bedeutender Dicke*) ersetzt wird. Die anfangs grüne Farbe des Inhalts geht allmählig in eine bräunliche, braun-violette oder, bei anderen Arten, lebhaft mennigrothe Farbe über.

Eine der normalen Bildung der Samenzellen von Sphaeroplea nicht unähnliche abnorme Bildung freier Zellen aus zerfallendem Zellinhalte alter Zellen hat Nägeli an Bryopsis Balbisiana und anderen Algen beobachtet**); auch diese Beobachtungen bestätigen die sekundäre Bildung der

*) Kützing schreibt dem Samen der Sphaeroplea eine äussere fadenförmige, die innere spiralig umwindende Samenhaut zu, was ohne Zweifel auf einer Täuschung beruht.

**) Vergl. Nägeli, über freie Zellbildung l. c. p. 24 — 26. t. 3. f. 1 — 3.

Digitized by Google

Zellhaut an der Oberfläche bereits individualisirter, d. i. zu Zellen gestalteter Inhaltsparthien. An die letztgenannten Erscheinungen lassen sich die gleichfalls von Nägeli beobachteten Reorganisationsvorgänge an verletzten und theilweise absterbenden Zellen anschliessen*), welche zeigen, dass die durch partielle Störung von der Zellhaut zurückgezogene Oberfläche des Inhalts sich durch fortdauernde Ausscheidung von Zellstoff von Neuem mit Haut überziehen, ja dass sogar der gesunde Theil des Zellinhaltes sich gegen ein von einer andern Stelle ausgehendes Absterben desselben durch eine scharfe Grenzlinie abschliessen und an dieser Grenze mit Zellhaut überziehen kann.

Wie bei den Keim- und Samenzellen mancher Algen, so ist auch bei der freien Bildung der Keimzellen der Blüthenpflanzen (Phanerogamen) die der Bildung der Zellhaut vorausgehende Constituirung und begrenzte körperliche Abschliessung der Zelle beobachtet worden. Nach den zahlreichen und mit bewundrungswürdiger Schärfe durchgeführten Untersuchungen von Wilhelm Hofmeister über die Entstehung des Embryo der Phanerogamen**) sondert sich, nach vorhergegangener Bildung einiger Zellkerne, das am oberen, der Samenmündung zugewendeten Ende der Mutterzelle der Keimzellen (des sogenannten Embryonalsacks) angehäufte Protoplasma in 2 bis 3 länglichrunde Ballen, deren jeder einen jener Zellkerne einschliesst. Diese Ballen lassen in ihrem frühsten Zustande noch keine Zellhaut unterscheiden und zerfliessen bei längerem Liegen im Wasser in einen formlosen Brei; sehr bald aber überkleiden sie sich mit einer Membran aus Zellstoff, und werden alsdann auch bei längerer Einwirkung von Wasser nicht mehr zerstört. Diese frei im Inhalte des Embryonalsacks sich bildenden Zellen sind die ersten Anfänge neuer Pflanzen, die sogenannten Keimbläschen, von

---

*) Vergl. Nägeli, über wandständige Zellbildung um den ganzen Inhalt (Zeitschr. 1844. p. 91 — 95, t. 8. f. 8, 11, 12).

**) Vergl. Wilh. Hofmeister, die Entstehung des Embryo der Phanerogamen (1849) p. 4 etc.

Digitized by Google

welchen gewöhnlich nur eines, in Folge erst nach ihrer Bildung eintretender Befruchtung, sich entwickelt.

Was wir in den betrachteten Fällen, welche eine Beobachtung der Vorgänge an der freien Oberfläche der neugebildeten Zelle zulassen, nicht in Zweifel ziehen können, nämlich das sekundäre Auftreten der Zellhaut um den schon vorhandenen und begrenzten Inhaltskörper der Zelle, das muss wohl auch für diejenigen Fälle gelten, in welchen die Theilung einer Mutterzelle in 2 Tochterzellen scheinbar durch die Bildung einer häutigen Scheidewand bewerkstelligt wird. Ist es einmal gewiss, dass die Zellhaut durch Ausscheidung an der Oberfläche der Zelle gebildet wird, so muss auch in diesem Falle die Bildung der trennenden Haut eine sekundäre Erscheinung sein, d. h. die Theilung und gegenseitige Begrenzung des Inhalts der zwei neuen Zellen muss vorher statt finden, ehe zwischen beiden, durch eine von zwei Seiten zusammentreffende Secretion, die Scheidewand gebildet werden kann. Ob bei dieser Art der Zellbildung, die am einfachsten als Zellbildung durch Theilung*) bezeichnet wird, die Scheidung der beiden Zellen für die ganze Berührungsfläche gleichzeitig erfolgt, wie Nägeli darzuthun sucht, oder ob sie allmählig, gleichsam durch einen ringförmigen Einschnitt, von der Peripherie nach dem Centrum fortschreitet, wie es Mohl an einigen Beispielen darstellt, und Unger als allgemeines Gesetz für die vegetative Zellbildung annimmt, gehört zu den schwierigsten Problemen der Zellenlehre. Ich werde in einem späteren Theile unserer Betrachtung das Vorkommen beider Fälle zu begründen suchen. Folgt in dem letzteren Falle, nämlich der Theilung des Inhalts durch allmählig fortschreitende Einschneidung und Abschnürung, die Ausscheidung der Cellulose der successiven Theilung Schritt für Schritt nach, so wird natürlich der Schein entstehen, als ob eine ringförmig hervorwachsende Zellhautleiste die Theilung bewirke.

---

*) Unger (über merismatische Zellbildung bei der Entwicklung des Pollens, 1844) bezeichnet dieselbe als merismatische Zellbildung; Nägeli (Zeitschr. 1844 p. 73) als wandständige Zellbildung um den ganzen Inhalt.

Digitized by Google

Haben wir im Allgemeinen die sekundäre Bildung der Zellhaut erkannt, so kann nur darüber noch eine Meinungsverschiedenheit stattfinden, wann die Ausscheidung der Cellulose oder der ihr verwandten Stoffe an der Oberfläche des Inhaltskörpers beginnt. In den meisten Fällen wird der Anfang dieser Ausscheidung wohl mit dem Abschluss der äusseren Begrenzung des Zellkörpers, als dem Momente, in welchem die Erzeugung der Zelle, als individualisirten Bildungskreises, vollendet erscheint und der Ausbildungsprozess derselben beginnt, zusammenfallen, und die jugendliche Zelle mag daher häufig auch in solchen Fällen schon eine zarte Zellhaut besitzen, wo sie noch unbekleidet zu sein scheint. Nur die transitorischen Zellbildungen, wie ich oben an einigen Beispielen zu zeigen suchte, bleiben ohne Zellhautbekleidung, und bei den beweglichen Gonidien der Algen (mit Ausnahme der permanent beweglichen Zellen der Volvocinen) tritt der Anfang der Zellhautbildung aller Wahrscheinlichkeit nach erst nach dem Stadium der Flimmerbewegung ein, dessen Dauer übrigens meist sehr kurz, längstens auf einige Stunden ausgedehnt ist.

Wir haben bereits im Obigen die scharfe Begrenzung noch nicht mit Zellhaut bekleideter Zellen einer dem Körper der Zelle selbst zukommenden, mit der Cellulosebekleidung nicht zu verwechselnden Haut zugeschrieben, und haben als solche namentlich die flimmertragende Haut des Gonidium's von Vaucheria zu deuten gesucht, welche mit vollem Rechte auf die Mohl'sche Bezeichnung „Primordialschlauch" Anspruch machen darf. Ob jedoch das Vorkommen einer solchen, von dem übrigen schleimigen Inhalte oder Protoplasma der Zelle unterscheidbaren Haut, wie wir sie bei Vaucheria sehen, eine allgemeinere Erscheinung ist, ob nicht vielmehr der von Mohl beschriebene Primordialschlauch *) ein blosser protoplasmatischer Ueberzug,

*) Siehe H. v. Mohl, Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle (bot. Zeit. 1844. p. 275) und über die Saftbewegung im Innern der Zellen (bot. Zeit. 1846. p. 74).

Digitized by Google

eine die Zelle inwendig auskleidende Schleimschicht ist*), welche dadurch entsteht, dass in dem anfangs die Zelle ganz erfüllenden Protoplasma sich eine Höhle mit wässriger Flüssigkeit bildet, diess ist eine Frage, deren Beantwortung genauere und ausgedehntere Untersuchungen verlangt, als sie uns bis jetzt zu Gebote stehen. Einzelne, unschwer zu beobachtende Fälle deuten übrigens darauf hin, dass die Schleimschicht erwachsener Zellen kein einfacher protoplasmatischer Ueberzug ist, sondern selbst wieder aus zwei oder drei verschieden-organisirten Lagen besteht, von denen die äusserste, welche die eigentliche Haut des Zellinhaltes darstellt, sich sehr wahrscheinlich schon in der frühsten Zeit, als ursprüngliches Grenzgebilde des Zellkörpers (der zur Zelle sich individualisirenden Inhaltsparthie), bildet, und in diesem Fall, gleich wie die Haut des Vaucherien-Gonidium's, Anspruch auf die Benennung Primordialschlauch machen dürfte. So finden wir bei den Characeen eine, je nach dem Alter der Zelle dickere oder dünnere Schleimschicht in strömender Bewegung; aber ausserhalb des strömenden Schleimes befindet sich eine ruhende, weiche Haut, an welcher die regelmässig gereihten Chlorophyllbläschen angeheftet sind. In der frühsten Bildungszeit der Zelle, vor Eintritt der kreisenden Strömung, erfüllt der schleimige Inhalt, einen Zellkern umgebend, die ganze Höhlung der Zelle. Die strömende Bewegung, welche den noch einige Zeit lang sichtbaren Zellkern mit sich im Kreise herumführt, beginnt erst, nachdem eine Höhle mit wässriger Flüssigkeit in der Zelle sich gebildet hat; die abgegrenzte Bildung der an dieser Bewegung nicht Theil nehmenden Primordialhaut muss aber doch wohl schon vor Eintritt der Strömung beendigt sein. Bei Oedogonium sieht man bei der mit dem Absterben der Zelle verbundenen Zusammenziehung des Inhaltes die Schleimschicht häufig in einen doppelten Schlauch sich theilen, einen äusseren, lichter gefärbten und einen inneren, dunkleren, stärker zusammengezogenen. Es lässt sich diese Zusammensetzung der

*) Diess ist die Ansicht von Nägeli (Zeitschr. 1844. p. 91. 1847. p. 38).

Digitized by Google

durchsäht, welche zuweilen unterbrochene, gebogene und vielverschlungene Reihen bilden, häufiger aber gleichmässig zerstreut erscheinen. In jüngeren Zellen sind diese Körnchen noch nicht unterscheidbar. Diese Schichte enthält ferner die Amylonbläschen, welche als helle Kügelchen von höchstens $^1/_{150}$ Mill. Dicke erscheinen. Ihre Zahl nimmt mit dem Alter der Zelle zu; während die junge Zelle am ersten Tage der Bildung des Netzes nur ein einziges, am zweiten meist 2, am dritten 3—5, am vierten 5—10 Amylonbläschen besitzt, zeigt die nach ungefähr 3 Wochen vollwüchsige Zelle deren mehrere Tausend, welche dem Wassernetz ein schön punktirtes Ansehen geben*) und mit Unrecht von Areschoug**) für die Anfänge der beweglichen Keimzellen gehalten wurden. Bei schwächlicherer Ausbildung der Zellen des Wassernetzes zeigt die innere Schleimschicht ein netzartiges Ansehen, indem sie sehr unregelmässige grüne Maschen auf gelbem Grunde bildet. Ob in diesem Falle wirklich eine netzartige Durchbrechung oder bloss eine Zusammenziehung des Chlorophylls innerhalb einer zusammenhängenden Schleimlage stattfindet, will ich unentschieden lassen. Ich führe diese netzartige Bildung an, um zu bemerken, dass sie, obgleich später bei kräftiger Entwicklung der Zellen verschwindend, den jungen Zellen normal zukommt und schon am ersten Lebenstage in der Weise beginnt, dass der anfangs gleichmässig die Zelle erfüllende grüne Inhalt sich in einen breiten grünen Gürtel zusammenzieht, welcher in den folgenden Tagen sich mehr und mehr theilt und so allmählig in die Bildung eines vielmaschigen Netzes übergeht, eine Erscheinung, welche abermals darauf hindeutet, dass die Scheidung des Inhaltes in seine verschiedenen Schichten schon in der frühsten Jugend der Zelle vor sich geht.

---

*) Vaucher (hist. des Conferves d'eau douce, 1803) beschreibt die Amylonbläschen als „grains brillans" und hält sie für die männlichen Organe des Wassernetzes.

**) Areschoug, de Hydrodictyo utriculato. Dissert. bot. Lundae 1839.

Digitized by Google

4) Die Flüssigkeit, welche das Innere des dreifachen Schlauches erfüllt. Sie ist von wässriger Beschaffenheit und lässt keine weiteren organischen Theile unterscheiden.

So zeigt es sich denn, dass der Zellinhalt ein weit vollkommener organisirter Körper ist, als man sich gewöhnlich vorstellt; dass er eine Mannigfaltigkeit von Organisationsverschiedenheiten zeigt, welche nicht minder bedeutend sind, als die Verschiedenheiten der Zellhaut, welche die Pflanzenanatomen lange fast ausschliesslich beschäftigt haben, und die zuletzt doch selbst nur Folge bestimmter Eigenthümlichkeiten des Inhalts sein können. Wie die Modificationen in der Bildung der Zellwand nicht nur zur Unterscheiduug der verschiedenen Arten des Gewebes, sondern selbst zur Charakterisirung der grösseren Abtheilungen des Pflanzenreichs angewendet wurden, so wird auch den Verschiedenheiten in der Organisation des Zellinhaltes, welche bisher fast nur in der Systematik der Algen als Gattungsmerkmal einige Anwendung gefunden *), mehr und mehr Rechnung getragen werden müssen.

Zu den wesentlichen Theilen im Organismus der Zelle gehört noch der Zellkern oder Cytoblast, gleichsam eine Zelle in der Zelle, in seinem Inneren meist selbst wieder ein Kernchen (Kernkörperchen) enthaltend. Durch Nägeli's ausgedehnte Untersuchungen **) ist sein Vorkommen in allen Abtheilungen des Pflanzenreiches nachgewiesen; nur bei einzelnen Familien der Algen, wie z. B. bei den Palmellaceen ***), Chroococcaceen,

---

*) Man vergleiche namentlich die Familie der Zygnemaceen, so wie die der Desmidiaceen, in welcher letzteren Nägeli die schärfere Diagnostik der Gattungen zum Theil auf die Organisationsverhältnisse des Zellinhalts gründet (einzell. Algen p. 100. t. 6—8).

**) Zeitschrift für wissensch. Bot. 1844. p. 34—68.

***) Bei der den Palmellaceen wenigstens verwandten Gattung Chlamidococcus (vergl. oben p. 147 und 168) habe ich im Centrum der Zelle ein ohne Zweifel dem Zellkern entsprechendes, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen gefunden, welches von dem ölartigen (?) rothen Farbestoff dieser Pflanze

Digitized by Google

aber nicht ohne partielle Verjüngung der Zelle durchlaufen. Die Vermehrung der Zellen selbst ist nichts anderes als ein Phenomen der Verjüngung derselben. Alle Verjüngungen im Zellenleben sind aber mit einer mehr oder minder tief eingreifenden Entbildung der bereits befestigten und der Fortbildung widerstrebenden Theile der Zelle verbunden. Diese Erscheinungen der Rückbildung und Abstreifung der eigenen früheren Gebilde der Zelle sind es, welche wir hier zunächst zu betrachten haben, und zwar zuerst in Beziehung auf die Hüllen, dann in Beziehung auf den Inhalt der Zelle.

Die Zellhaut wird durch ihre Erhärtung und schichtenweise Verdickung früher oder später ein Hinderniss für das Wachsthum und die lebendige Fortbildung der Zelle oder ihrer Nachkommenschaft, der innerhalb der Mutterzellhaut sich bildenden Tochterzellen. Zahlreiche Zellen erreichen mit der vollendeten Ausbildung der Zellwand das Ziel ihres Lebens, wie z. B. alle Bast- und Holzzellen, die Spiralgefässe u. s. w.; in anderen Zellen dagegen sehen wir den lebendigen Prozess die beengende Schranke überwinden, bald durch mechanische Sprengung derselben, bald durch chemische Erweichung und Auflösung. Die Fälle von gewaltsamer Zerreissung der Zellhaut sind selbst von mannigfaltiger Art; wir unterscheiden: 1) Zerreissung der Zellhaut, ohne völlige Abschälung derselben; 2) völlige Abschälung der Zellhaut, Häutung der Zelle; 3) Ausschlupfen der sich verjüngenden Zellbildung aus der alten Haut.

1) Eines der schönsten Beispiele der Zerreissung einer äusseren, dem Wachsthum der inneren Zelle nicht nachkommenden Zellhaut hat Schimper*) an den Nebenfäden (Paraphysen) von Diphyscium foliosum beschrieben. Diese Fäden bestehen aus einer einfachen Reihe von Zellen, welche sich im Laufe ihrer Ausbildung sehr bedeutend verlängern. Sobald sie ungefähr die halbe Länge erreicht haben, springt die äussere Zellhaut in der Mitte der Zelle ringförmig, wie eine Capsula circumscissa, auf; die beiden Hälften

*) W. P. Schimper, recherches sur les Mousses (1848) p. 52. t. 6. f. 42—46.

Digitized by Google

weichen auseinander und bleiben als glocken- oder schüsselförmige Krägen an den Gelenken stehen, während die Zellen selbst ihr Längenwachsthum fortsetzen, zuweilen zum zweitenmal auf die gleiche Weise ihr Gewand öffnend und zurückziehend. Dem Vorgange bei Diphyscium vergleichbare Fälle habe ich an einigen Wasserfäden beobachtet, namentlich an Ulothrix Braunii*) und Zygogonium ericetorum. Der zarte Faden der erstgenannten Pflanze besteht aus einer Reihe von Zellen, welche sich durch zweimalige horizontale Theilung in je 4 Zellen theilen. Die Mutterzellhaut dieser vierzähligen Zellgruppen zerreisst während dieses Theilungsvorganges der Quere nach in zwei gleiche Hälften, welche als kurze, abgestutzte Scheiden am oberen und unteren Ende jeder vierzelligen Zellgruppe zurückbleiben. Zygogonium ericetorum zeigt dieselbe Erscheinung in mehrfacher Wiederholung und selbst an solchen Zellen, die sich nicht mehr theilen, sondern nur noch strecken; die zurückbleibenden doppelt und dreifach übereinanderliegenden, fest verbundenen Scheiden sind jedoch weniger deutlich unterscheidbar als bei Ulothrix Braunii. In anderer Weise zeigt sich die Befreiung von der hemmenden Umhüllung bei den Scytonemeen (besonders schön bei Arthrosiphon) und Rivularieen (namentlich Schizosiphon und Euactis). Hier ist es nicht die einzelne Zelle, sondern eine ganze Zellreihe, welche die einschliessende Haut durchbricht. Es bildet sich nämlich bei diesen Gattungen dadurch, dass die Zellen nur an den Seitenwänden (nicht an den Gelenkflächen) absondern, um die ganze Zellreihe eine gemeinsame Hülle von bald lederartiger, bald gallertartiger Consistenz. Mit fortschreitendem Längenwachsthum wiederholt sich diese Bildung, so dass zahlreiche Schichten entstehen, von denen jedoch die äusseren successive am oberen Ende durchbrochen werden und nun als offene, den Faden nach

*) Kützing, Sp. Alg. p. 346. Die oben erwähnte Art kann übrigens kaum in dieselbe Gattung mit Ulothrix zonata gerechnet werden, da sie nur 2 Keimzellen in einer Mutterzelle bildet, welche nicht 4, sondern nur 2 Flimmerfäden besitzen, ähnlich den im Wasser wachsenden Hormidien.

Digitized by Google

oben nicht mehr umschliessende, trichterförmig ineinanderstreckende Scheiden zurückbleiben. Bei Arthrosiphon sind diese Trichter kurz, dick, schwach gefärbt und durchsichtig, wesshalb diese zierliche Gattung besonders geeignet ist den wahren Bau der zusammengesetzten Scheiden in den genannten Algengruppen zu zeigen; bei Scytonema sind die Scheidentrichter länger, dünner und sehr fest verbunden, so dass die ganze Scheide nur das Ansehen einer mehrschichtigen, im Längsdurchschnitt jedoch deutlich schief gestreiften Haut erhält; bei Euactis endlich blättern sich die zarten und weichen Scheidentrichter flackerig auseinander, wodurch in der Duchschnittsansicht, wie sie das Microscop giebt, der Anschein einer faserigen Auflösung an der Aussenfläche der Scheide entsteht. Wieder in anderer Weise zeigt sich die Erscheinung einseitiger Durchbrechung der Hüllen bei der merkwürdigen Gattung Urococcus*) aus der Familie der Palmellaceen. Die grossen, kugeligen, braunrothen bis blutrothen Zellen dieser Gattung sondern farblose Zellhautschichten ab, welche, wie bei Gloeocapsa, durch zwischenliegende weichere Gallertschichten gesondert zu sein scheinen, wodurch ein deutlich concentrischer Bau der Hülle entsteht. Die sich umhüllenden Schalen erhalten sich jedoch bei Urococcus nicht in ihrer ursprünglichen Form und Integrität; selbst nicht weiter an Grösse zunehmend, werden sie von den stets nachfolgenden inneren Hüllen auf der oberen Seite verdrängt, anfangs bloss einseitig verdünnt, später, wie es mir wenigstens schien, wirklich durchbrochen. Indem dieses Hervordringen aus den alten Hüllen sich stets nach derselben Seite hin wiederholt, entsteht ein häutig-gallertartiger Stiel, aus ineinandergestellten Schüsselchen gebildet und dadurch von ringförmig gestreiftem, scheinbar enggegliedertem Ansehen. Die rothe Zelle, welche die Spitze dieses Stieles einnimmt, theilt sich zuweilen, und bedingt dadurch

---

*) Vergl. Hassal, british freshwater Algae (1845) t. 80, besonders f. 4 und 6. Eine dieser Gattung angehörige Form, welche zwischen U. Hookerianus und insignis zu stehen scheint, kommt auch in den Hochmooren des Schwarzwalds vor.

Digitized by Google

natürlich auch eine nachfolgende Dichotomie des Stieles. Wären die Zeitperioden, in welchen die einzelnen Hüllschichten sich bilden, bekannt, so könnte aus der Zahl der Ringel das Alter des Pflänzchens, dessen Geschichte in dem Gallertstiele erhalten ist, bestimmt werden. Als ein letztes Beispiel, das hieher gerechnet werden kann, führe ich die Bildung des sogenannten Schleiers bei Zonaria Pavonia*) an. Der fächerförmige Thallus dieser Alge besitzt zwei unter sich verschiedene Flächen, von denen die eine, und zwar die in Beziehung auf die jugendliche Aufrollung des Thallus äussere oder Rückenfläche, mit einer Schichte kleinerer Rindenzellen bekleidet ist, welche sich, durch einseitig stärkere Membranbildung an der Oberfläche, mit einer dickeren Hautschichte bekleiden, welche der Cuticula höherer Gewächse vergleichbar ist. Aus diesen Rindenzellen entwickeln sich, in abwechselnde zonenartige Häufchen (Sori) geordnet, die Fructificationszellen und Nebenfäden. Die ersteren entstehen durch eine der Fläche der Thallus parallele Theilung der Rindenzellen in 2 ungleiche Tochterzellen, von welchen die untere den Charakter einer Rindenzelle behält, die obere, aus der Fläche des Thallus hervortretende, zur Mutterzelle der Spore**) wird; die letzteren (die Nebenfäden) entstehen durch eine ähnliche Erhebung und Theilung der Rindenzellen, die sich aber in der oberen Zelle mehrmals wiederholt. Die Cuticula nun ist nicht fähig an dieser Entwicklung der Rindenzellen Theil zu nehmen; sie wird als zusammenhängendes Häutchen von dem Sorus abgelöst, emporgehoben, einseitig abgerissen und umgeschlagen, so dass sie dem Indusium eines Asplenium's nicht unähnlich sieht.

---

*) Vergl. Kützing, Phyc. gen. t. 22. I. und Nägeli, Algensyst. p. 180. t. 5. f. 2. 3. 7.

**) Kützing und Nägeli halten diese Zelle für die Samenzelle selbst („Spermatium" K. „Keimzelle" N.), allein Decaisne (Classificat. des Algues p. 26) giebt mit Bestimmtheit an, dass die Spore durch Zerreissung aus ihr hervorkommt, sie selbst aber als leeres Perisporium auf dem Thallus zurückbleibt.

Digitized by Google

2) Die vollständige Häutung der Zelle, und zwar die Abschälung einer äusseren Zellhaut, während die innere der neuen Entwicklung des Inhalts folgt, zeigt sich bei der Keimung der Moose*) und Farne**); sie findet ohne Zweifel auch bei der Keimung aller dickhäutigen Sporen der Algen statt, wenn sie aus ihrem Ruhezustand erwachen. Bei den Zygnemaceen ist sie schon von Vaucher***) beobachtet worden, und nach meinen eigenen, schon oben (p. 144) angeführten Beobachtungen ist sie bei Spirogyra sogar eine doppelte, indem zwei Häute nacheinander abgestreift werden. Der sonderbaren Häutung der neugebildeten Sporen von Sphaeroplea ist gleichfalls schon oben (p. 177) Erwähnung geschehen. Auch die eigenthümliche Art, in welcher sich die Spore von Equisetum ihrer in 2 rechtsgewundene Spiralbänder †) sich spaltenden Mutterzellhaut entledigt, kann eine Häutung genannt werden. Aber auch mit der vegetativen Entwicklung der Zellen und der Vermehrung derselben durch Theilung finden wir in den Reihen der einzelligen Algen nicht selten Zellhäutungen verbunden. Die mit der Theilungsvermehrung bei manchen Desmidiaceen verbundene Abstreifung der Mutterzellhaut ist von Focke ††) an Closterium Trabecula beschrieben und abgebildet worden. Die Zellhaut zerreisst an beiden Enden und die zwei stabförmigen Jungen streifen sie ab, indem sie nach zwei

---

*) W. P. Schimper, recherches sur les Mousses, t. 1.

**) Leszczyg-Suminski, zur Entwicklungsgeschichte der Farrenkräuter (1848) t. 1.

***) Vaucher, hist. des Conf. d'eau douce (1803) t. 4. f. 5 und t. 6. f. 4.

†) Mohl (Flora 1833 p. 45 und vermischte Schriften p. 72. t. 2. f. 6 und 7) stellt diese Bänder links gewunden dar, ein Fehler, der wahrscheinlich durch Vernachlässigung der Anwendung des Spiegels bei der ersten Lithographirung entstanden ist.

††) Focke, physiol. Studien, p. 75. t. III. f. 17. Nach Ralfs gehört Clost. Trabecula in die Gattung Docidium, nach Nägeli in die Gattung Pleurotaenium. Focke vermischt übrigens wenigstens zwei verschiedene Arten dieser Gattung unter seinem Clost. Trabecula.

Digitized by Google

entgegengesetzten Seiten aus der alten Haut hervorschlupfen, wie der Finger aus dem Handschuh. In ähnlicher Weise habe ich die Häutung bei Euastrum (Cosmarium) margaritiferum*) beobachtet. Bei Closterium (Penium) curtum**) dagegen sah ich die Mutterzellhaut bei der Theilung in der Mitte der Quere nach zerreissen, so dass ihre Hälften auseinanderwichen und von den zwei neuen Individuen nach entgegengesetzter Seite abgestreift wurden. In sehr eigenthümlicher Weise habe ich die Erscheinung der Häutung bei einer neuen Palmellaceen-Gattung, die ich Schizochlamys***) genannt habe, beobachtet. Die kugeligen Zellen dieser kleinen Alge erzeugen eine hyaline Zellhaut, welche durch nachfolgende Absonderung flüssigerer Gallerte sich etwas von dem grünen Zellkörper entfernt, bald aber der (wahrscheinlich durch Endosmose) sich ausdehnenden Gallerte nicht mehr widerstehen kann und in der Richtung eines grössten Kreises sich scharflinig in zwei gleiche Hälften oder, wenn das Aufspringen nach zweien sich rechtwinkelig schneidenden Kreislinien stattfindet, in 4 gleiche Stücke zerspaltet. Diese Spaltung und Abschälung der Haut fällt entweder mit einer Theilung des inneren Zellkörpers zusammen, oder sie tritt auch ohne Theilung desselben ein. Durch die öftere Wiederholung derselben umgiebt sich die Zelle nach und nach mit einem Haufwerk alter Schalstücke, welche durch die frei werdende, äusserst durchsichtige Gallerte zusammengehalten werden. Die Theilung der Zelle ist entweder eine einfache Zweitheilung, in welchem Falle jeder Theil sich sogleich wieder mit einer hyalinen Zellhaut bekleidet, oder sie ist eine doppelte, indem die durch die erste Theilung entstehenden Zellen sogleich, ohne sich vorher mit Zellhaut zu umkleiden,

---

*) Focke l. c. t. II. f. 17 in Theilung abgebildet, aber ohne Beachtung der Häutung.

**) Ralfs, British Desmidieae, t. 32. f. 9.

***) Kützing, Sp. Alg., p. 891. Zu meiner Schizochlamys gelatinosa möchte vielleicht Sorospora virescens Hassal t. 78. f. 8 a. gehören.

Digitized by Google

daher auch ohne Häutung, von Neuem in je zwei Zellen zerfallen*). Eine Häutung der Zelle durch unregelmässige Zerreissung und Abblätterung der äusseren Lamellen bei sehr vielschichtiger Zellhaut habe ich sehr schön an Chroococcus decorticans, einer mit Ch. rufescens (Näg. einzell. Alg. t. I. A) und Ch. turgidus (Kütz. tab. phycol. 6) sehr nahe verwandten Art, gesehen**). Eine unregelmässige Zersprengung und Abschälung der äussersten Hülle mehrzelliger Familien, oder zuweilen auch einzelner, mit mehrfacher Hülle umgebener Zellen traf ich bei einer Gloeocapsa mit dunkel purpurbraunen Hüllen, welche der Gl. Magma (Kütz. tab. phyc. 22) nahe steht, ferner bei Gloeocystis vesiculosa Näg. und Gl. ampla (Gloeocapsa Kütz.). Auch von Pleurococcus miniatus bildet Nägeli (l. c. t. IV. E. 6) eine Häutung ab.

3) Das Ausschlupfen oder besser Ausgetriebenwerden verjüngter, innerlich umgestalteter und in eine neuanhebende Entwicklung übergehender Zellen aus ihren alten Häuten unterscheidet sich von der eben betrachteten Häutung der Zellen dadurch, dass nicht die Zellhaut von dem ruhenden Zellkörper abgestreift wird, sondern dass umgekehrt die an ihrem Orte bleibende Hülle den von ihr sich ablösenden Inhalt, nachdem er die Hülle gesprengt hat, austreibt. Es tritt diess namentlich in den Fällen ein, in welchen die sich ihres Inhalts entleerende Zelle befestigt, entweder einzeln festgewachsen, oder, indem sie einem gebundenen Gewebe angehört, durch Verbindung mit anderen festgehalten ist. Bei freien Zellen kann zwischen

*) Vergleiche Tafel I und die dazu gehörige Erklärung.

**) Die Zellen dieser neuen Art sind kleiner, als bei den beiden verwandten, von $\frac{1}{150}$ — $\frac{1}{80}$ Mill. Durchmesser, spahngrün; die farblosen Hautschichten derber, deutlicher unterscheidbar. Bei rasch aufeinanderfolgender Theilung der Zelle zeigt die dünnere Haut nur wenige Schichten; bei unterbleibender Theilung bilden sich zahlreiche (8 – 10) Hautschichten, welche oft einseitig verdickt erscheinen und sich zuletzt unregelmässig abblättern. Jodtinktur färbt den Inhalt roth- oder gelbbraun, die Hüllen goldgelb. Findet sich an den Wänden der Tuffsteingrotte bei St. Aubin am Neuenburger See.

Digitized by Google

Häutung und Ausschlupfen des Inhalts keine scharfe Grenze gezogen werden. Das Ausschlupfen ist der gewöhnliche Vorgang, durch welchen die Fortpflanzungszellen vieler Algen, Flechten und Pilze aus ihren Mutterzellkammern hervortreten; sind dieselben beweglich, so ist es zugleich ein Ausschwärmen, wobei die eigenthümliche Bewegung zuweilen schon während der Geburt, oder selbst vor der Geburt, innerhalb der mütterlichen Hülle, beginnt. Die Oeffnung der Mutterzellhaut ist, wie bei der Häutung, entweder ein unregelmässiges Zerreissen, oder ein regelmässiges Aufspringen. Der die alte Hülle verlassende Inhalt ist bald ein ungetheilter, im Ganzen in seine veränderte Bestimmung eingehender, bald ein getheilter, d. i. beim Uebergang zu seiner neuen Lebensbahn in mehrere Zellen zerfallender; die zur Geburt kommenden Zellen sind bald nackte Gonidien, bald selbst schon wieder mit neuer Zellhaut bekleidete Sporen. Von den anzuführenden Beispielen haben wir manche schon Veranlassung gehabt näher zu betrachten, so dass es genügt, noch einmal an sie zu erinnern. Eine einzige bewegliche Keimzelle befreit sich aus ihrer Kammer durch Aufspringen derselben an der Spitze bei Vaucheria (siehe oben p. 174); durch Aufreissen an der Spitze oder an der Seite, je nachdem die Mutterzelle eine Scheitelzelle oder Gliederzelle ist, bei Gongrosira Sclerococcus *); durch Platzen der Rückenwand der Zellen des kreisförmigen, mit der Unterfläche angewachsenen Thallus bei Coleochaete scutata (siehe oben p. 151); durch seitliches Einreissen der Zellen eines strauchartig verzweigten Thallus bei Coleochaete pulvinata (p. 151), Chaetophora, Stigeoclonium und Draparnaldia (p. 148); durch ringförmiges Aufspringen am oberen Ende der Zellen bei Oedogonium (p. 150 und 173); durch Abgliederung der seitlich ansitzenden Borstenzelle und Durchbrechung der sie von der Gliederzelle des Fadens

---

*) Beobachtet im Juli 1847. Die fast kugeligen Gonidien sind mit 4 Flimmerfäden versehen, wie bei den verwandten Gattungen Chaetophora, Stigeoclonium etc.

Digitized by Google

trennenden Scheidewand bei Bulbochaete (p. 150). Eine einzige ruhende Keimzelle wird aus ihrer Hülle (dem Perisporium) befreit, und zwar durch Aufspringen derselben an der Spitze, bei Chantransia (p. 153), Chroolepus (?) und den Fucoideen im weiteren Sinne*). Zwei bewegliche Keimzellen schlupfen aus einer Mutterzelle, indem sie dieselbe seitlich durchbrechen, bei Ulothrix Braunii (vergl. p. 189); indem sie die Rückenwand der Zelle eines kriechenden Fadens durchbrechen, bei Aphanochaete repens**). Vier bewegliche Keimzellen, welche durch queres Abbrechen genau nach der Mitte der Mutterzelle entleert werden, habe ich bei Conferva bombycina beobachtet***); gleichfalls 4 bewegliche Gonidien sah J. Agardh aus den Zellen von Enteromorpha clathrata hervorkommen†); 4, 8 oder 16 durchbrechen auf bereits beschriebene Weise (p. 158. 170) die Mutterzelle seitlich bei Ulothrix zonata. Hier kann auch Chlamido-

---

*) Algae pycnospermeae et angiospermeae Kützing. In Beziehung auf das Vorhandensein des Perisporium's vergleiche die Bemerkung über Zonaria p. 152. Auch von Fucus nodosus und serratus bilden Decaisne und Thuret die nach dem Ausschlupfen der Sporen noch sichtbaren Perisporien ab (Ann. des sc. nat. 1845. t. I. C. f. 21 und t. II. f. 32).

**) Aphanochaete ist eine neue Algengattung, die aber vielleicht mit Herposteiron Näg. (Kütz. Sp. Alg. p. 424), von welcher sie sich durch den Mangel der vertikalen, torulosen Zweige unterscheidet, vereinigt werden muss. Die Borsten, welche häufig aus dem Rücken der Zellen entspringen, sind nicht bescheidet, wie bei Coleochaete, wohl aber oberwärts gegliedert, jedoch so zart, dass ihr oberer Theil schwer zu sehen ist. Die Bildung des Keimzellenpaares findet durch den Scheidewänden parallele Theilung des Inhaltes statt. Die Keimzellen sind fast kugelig, mit 2 Flimmerfäden versehen. A. repens kommt bei Freiburg nicht selten, schmarotzerisch auf Oedogonien, Vaucherien, Mougeotia, Sirogonium, Conferva etc. vor. Das Schwärmen der Keimzellen habe ich im August 1847 beobachtet.

***) Beobachtet im Oktober 1847. Es ist auffallend, dass die Bildung der Keimzellen bei diesem sehr gemeinen Wasserfaden nur sehr selten beobachtet wird.

†) Ann. des sc. nat. 1836. p. 199. t. 12. f. 6. Nach Thuret (Ann. des sc. nat. 1845. p. 274) besitzen die Gonidien von Ulva und Enteromorpha 4 Flimmerfäden.

Digitized by Google

coccus pluvialis (p. 137. 169) wieder angeführt werden. Aus den dickhäutigen, ruhenden (Samen-)Zellen kommen durch unregelmässiges Aufplatzen der Zellhaut 4 (selteu 2 oder 8) bewegliche Zellen hervor, wobei die innerste, höchst zarte Lamelle der Mutterzellhaut sich ablöst, theilweise blasenartig hervortritt und später zerreisst, als die äussere dicke Zellhaut. Die gonidienartigen Zellen bilden in oben beschriebener Weise allmählig eine höchst zarte Haut um sich, innerhalb welcher sie sich endlich abermals in 4 (selten 2 oder 8) oder, wenn Microgonidienbildung eintritt, in 32 Theile theilen, welche schon vor dem Ausschwärmen innerhalb der geräumigen Hülle sich bewegen. Bei Pediastrum (p. 173) brechen 4, 8, 16, 32 oder 64 bewegliche Gonidien, von der zarten Innenhaut der Mutterzelle blasenartig umschlossen, durch einen Riss der alten Zelle hervor. Eine grössere, gleichfalls durch wiederholte Theilung des Zellinhalts entstandene Zahl beweglicher Gonidien durchbricht die Mutterzelle bei Cystococcus*), Characium**), Ectocarpus***). Sehr zahlreiche, aber nicht durch successive Theilung des ganzen Inhalts, sondern durch simultane Theilung der blossen Schleimschicht gebildete Schwärmzellen treten durch unregelmässiges, seitliches Aufplatzen des Mutterzellschlauches hervor bei Ascidium (p. 136), Hydrodictyon†), Chaetomorpha aerea††), Bryopsis†††); durch Aufreissen an der Spitze des Schlauchs bei der durch Solier von Bryopsis unterschiedenen Gattung Derbesia§), so wie bei

---

*) Nägeli, einzell. Alg. p. 84. t. III. E.

**) Ebendas. p. 86. t. III. D.

***) Crouan, Ann. des sc. nat. 1839. p. 248. t. 5. Nach Thuret (Ann. des sc. nat. 1845. p. 274) haben die Gonidien dieser Gattung 2 Flimmerfäden.

†) Nämlich aus denjenigen Zellen, in welchen sich keine neuen Netze bilden (vergleiche oben p. 146).

††) Nach Jac. Agardh (Ann. des sc. nat. 1836. p. 194. t. 12. f. 1).

†††) Nach ebendemselben am angef. Orte p. 200 t. 12. f. 9.

§) Ann. des sc. nat. 1847. t. 7. Die Gattung Derbesia begreift Bryopsis tenuissima und Lamourouxii der Autoren; die fruchtbaren Zweiglein sind

Digitized by Google

Saprolegnia ferax K. (Achlya prolifera Nees)*); durch ein regelmässig am oberen Rande der Zelle sich bildendes Loch bei Cladophora**); durch höchst zierliches, deckelartiges Aufspringen bei einigen Arten der auf anderen Algen schmarotzenden Gattung Chytridium***). Bei mehreren

---

kürzer und mehr angeschwollen, als bei Bryopsis, sie lassen die Masse der Keimzellen durch Aufplatzen an der Spitze auf einmal entweichen, während bei Bryopsis die Keimzellen nach Agardh einzeln durch eine kleine seitliche, zitzenartig nach aussen vorgedrängte Oeffnung durchdringen sollen. Die Keimzellen von Derbesia sind mit einem Wimperkranze versehen, gleich denen von Oedogonium.

*) Vergl. Unger, einiges zur Lebensgeschichte der Achlya prolifera (Linnaea 1843. p. 129. t. 4). Die Entstehungsweise der Gonidien aus der Schleimschicht der fructificenden Endzelle habe ich wiederholt beobachtet. Als Bewegungsorgan konnte ich nur einen einzigen, kurzen Flimmerfaden unterscheiden, während Thuret deren 2 angiebt.

**) Nach Beobachtungen an Cladophora glomerata (Juni 1847) und fracta (August 1847); an der ersteren Art beobachtete schon Meyen die Geburt der beweglichen Sporen (Nov. act. nat. cur. T. XIV. II. p. 445. t. 27. f. 5. 6). In Beziehung auf die Zahl der Flimmerfäden stimmen meine Beobachtungen mit denen von Thuret überein; ich fand deren bei Cl. glomerata 2.

***) Die Chytridien bilden eine neue Gattung einzelliger, schmarotzerischer Algen oder, wenn man lieber will, im Wasser lebender Pilze, die sieh zu Saprolegnia ungefähr verhält, wie Ascidium zu Bryopsis. Die ganze Pflanze besteht in einer einzigen bauchigen Zelle, welche mit einer mehr oder weniger entwickelten wurzelartigen Basis in die fremde Alge, auf der sie wächst, eindringt. Der bauchige Theil der Zelle ist mit farblosem Schleime gefüllt, aus welchem sich nicht durch successive Theilung, sondern durch einen simultanen Prozess sehr zahlreiche kleine, kugelige Keimzellen bilden, welche einen scharfumschriebenen dunkleren Kern im Inneren zeigen, und einen einzigen, sehr langen Flimmerfaden besitzen. Durch ihre Farblosigkeit und lebhafte Bewegung gleichen diese kleinen Schwärmzellen den kleinsten Monaden. Ihre Entleerung geschieht entweder durch Abwerfung eines Deckels oder durch blosses Einreissen einer zitzenartigen Spitze. Von 15 verschiedenen Arten, welche ich in der Gegend von Freiburg beobachtet habe, ist die grösste, welche zugleich das deckelartige Aufspringen am schönsten zeigt, Ch. Olla; sie wächst auf dem vorderen, mit Falten versehenen Ende der bauchigen Mutterzelle der Samen von Oedogonium Landsboroughii,

Digitized by Google

der zuletzt genannten Gattungen tritt schon innerhalb der Mutterzelle eine lebhaft wimmelnde Bewegung der Gonidien ein, so namentlich bei Ascidium, Hydrodictyon, Chaetomorpha aerea, Bryopsis, Cladophora; bei Derbesia, Saprolegnia und Chytridium dagegen tritt die Bewegung erst nach der Geburt der vorher dicht zusammengedrängten Keimzellen deutlich hervor. Längere oder kürzere, fadenartige Stücke verbundener, nicht beweglicher Keimzellen sieht man aus den nach oben geöffneten, der ganzen Zellreihe gemeinsamen Scheiden bei Phormidium, Lyngbya, Scytonema, Tolypothrix, Calothrix, Mastichonema (vergl. p. 157) und anderen verwandten Gattungen allmählig hervortreten und dann erst in die einzelnen Glieder zerfallen. Hier, wie in allen vorausgehenden Fällen, ist es unzweifelhaft die Elasticität der Wände, welche das Austreiben der Keimzellen bewirkt; die Sprengung der mütterlichen Hüllen wird entweder durch den Turgor der Keimzellen selbst, oder, wenn diese die Höhle nicht ganz erfüllen (wie bei Ascidium, Hydrodictyon, Cladophora), durch vermehrte Wassereinsaugung, nach vorhergegangener Erweichung der Zellhaut, veranlasst. Die Wirkung der Elasticität sehen wir am auffallendsten bei der bekannten rauch- oder wolkenartigen Ausschleuderung der Sporen in einigen Familien der Pilze, namentlich bei Helvella*) und Peziza**), bei welchen je 8 in eine Reihe geordnete Sporen aus den keulen- oder spindelförmigen Mutterschläuchen, welche die Schlauchhaut (Hymenium) dieser Pilze bilden, mit grosser Gewalt hinausgeschnellt werden.

Ich schliesse diesen Beispielen der Befreiung der zur Verjüngung der Art bestimmten Zellen aus ihren veralteten Hüllen noch einige sehr sonderbare

---

mit der Wurzel durch die Falte eindringend und sich an die Spore selbst ansetzend. Der freie, bauchige Theil der Zelle ist eiförmig, mit am Rande etwas aufgeworfenem, in der Mitte kurz-zitzenförmig zugespitztem Deckel. Die Keimzellen haben kaum $1/_{300}$ Mill. Durchmesser.

*) Siehe Bulliard, Champignons de la France II. t. 242.

**) Ebendaselbst t. 154 und Corda, Icones Fungor. III. t. VI. 95.

Digitized by Google

Beispiele normal unvollkommener Befreiung der Keimzellen an. Mit dem Namen Sciadium*) habe ich eine kleine einzellige Alge belegt, welche einen anfangs verkehrt eiförmigen, allmählig walzenförmig verlängerten, oben stumpfen, nach unten in ein dünnes, festsitzendes Stielchen sich verlängernden Schlauch darstellt. Der Inhalt ist ein gleichmässig grüngefärbter Schleim, in welchem man nur in der ersten Jugend zuweilen ein kleines Bläschen unterscheidet. Der Stiel ist wasserhell und sondert an seiner Basis eine anfangs gelbbraune, später dunkelrothbraune Masse ab, die sich allmählig zu einem scheibenartigen Fuss ausbreitet. Mit vollendetem Wachsthum theilt sich der grüne Inhalt in mehrere Massen, welche sich zu einer Reihe von 5—8 Keimzellen ausbilden; die Zellhaut springt auf, indem sie ihre Spitze als fingerhutförmiges Deckelchen abwirft, die Keimzellen aber, anstatt die geöffnete Röhre zu verlassen, sammeln sich alle am Ausgang derselben, mit ihrem unteren, schmäleren und etwas stielartig vorgezogenen Ende in der Röhre stecken bleibend. So entsteht ein Köpfchen und, durch das Heranwachsen der jungen Familie, eine Dolde, gebildet aus Individuen, welche dem Mutterindividuum, aus dem sie entstanden, völlig gleichen. Der entleerte Mutterzellschlauch bleibt als Stamm und Träger der doldenförmigen Familie stehen, und wird nach und nach von oben herab mit derselben gelb- und rothbraunen Ausscheidungsmasse erfüllt, welche er selbst an seiner Basis zeigt. Die ebenbeschriebene unvollständige Geburt der Keimzellen kehrt beim Uebergang zur dritten und meist auch noch zur vierten Generation wieder, so dass Bäumchen mit zwei- bis dreimal wiederholter doldenartiger Verzweigung

*) Vergl. Kützing Sp. Alg. p. 490, welcher dieses kleine Gewächs in die Nähe von Bryopsis stellt. Mir scheint die nächstverwandte Gattung Ophiocytium Näg. (einz. Alg. t. IV. A.) zu sein; die jungen Exemplare haben viele Aehnlichkeit mit Characium und Ascidium. Die einzige Art, Sc. Arbuscula, findet sich bei Freiburg auf verschiedenen fadenartigen Algen, besonders auf Oedogonium Landsboroughii und Vaucheria racemosa, in den Wasserkübeln des botanischen Gartens.

Digitized by Google

entstehen, bis endlich die Zellen, welche die äussersten Döldchen bilden, ihre Keimzellen ausstreuen, welche nach kurzem Schwärmen*) sich wieder festsetzen, um zu Stammbäumchen neuer Familien sich auszubilden. Einen anderen Fall von Zweigbildung durch unvollkommene Geburt der Keimzellen hat Nägeli bei der Gattung Valonia beschrieben**). In noch wunderlicherer Weise habe ich eine unvollkommene Geburt bei Saprolegnia capitulifera***) beobachtet. Die Bildung der Fruchtkeulen und Keimzellen geht wie bei S. ferax vor sich, nur wiederholt sich die Bildung der Fruchtkeulen niemals durch Erhebung des Bodens und Durchwachsung der ersten Keule, sondern durch Bildung gegenständiger, abstehender Seitenzweige dicht unter derselben. Die sogenannte Fruchtkeule, d. i. die von dem übrigen Stamme abgeschiedene Zelle, aus deren Inhalt sich die Keimzellen gebildet haben, öffnet sich endlich an der Spitze und die letzteren (40 — 50 an der Zahl) bewegen sich rasch nach der Mündung, vor welcher sie jedoch Halt machen und, sich eng aneinanderdrängend, ein kugeliges Köpfchen bilden. Was sie eigentlich hier zurückhält, ist mir nicht deutlich geworden. Die Dauer dieser Köpfchen ist jedoch eine kurze, denn schon nach wenigen Stunden verlassen die Keimzellen diese ihre erste Station, indem sie aus einer wahrscheinlich erst während ihres Ausruhens gebildeten Haut ausschlupfen, um nach dieser Häutung noch kurze Zeit zu schwärmen. Von dem Köpfchen bleibt bloss ein Aggregat leerer Blasen zurück, wenn nicht zufällig einige Keimzellen darin stecken bleiben, die alsdann unverzüglich zu keimen beginnen, indem sie einen spitzigen Schlauch hervortreiben.

---

*) Die schwärmenden Keimzellen letzter Generation scheinen 2 Flimmerfäden zu besitzen.

**) Nägeli, Algensyst. p. 156. t. II. f. 12 — 14.

***) Kützing, Spec. Alg. p. 160. Die Beobachtungen wurden im August und September 1847 gemacht an Exemplaren aus dem Titisee des Schwarzwalds, welche auf faulenden Theilen von Nuphar pumilum (Spennerianum) üppig vegetirten, sich aber auch auf ins Wasser fallende Fliegen schnell ansiedelten.

Digitized by Google

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass dieselben Erscheinungen der mechanischen Befreiung von veralteten, der weiteren Entwicklung oder verjüngten Gestaltung hinderlichen Hüllen, wie wir sie hier im Leben der Zelle betrachtet haben, auch im zusammengesetzten Organismus der Pflanze sich wiederholen. So sehen wir, dass die ersten Blätter und Wurzeln von Marsilia und Pilularia das Gewebe des Vorkeims, die ersten Wurzeln der meisten Monocotyledoneen, so wie alle später erscheinenden Adventivwurzeln, das Rindengewebe des Stengels durchbrechen. Die Blätter von Ophioglossum durchbrechen die zellige Decke, unter welcher sie sich bilden; das jugendliche Sporangium der Lebermoose durchbricht seine äussere Hülle nach oben, sie als Scheide am Grunde zurücklassend; das Sporangium der Laubmoose reisst sie an der Basis entzwei und hebt sie als Haube empor. In ähnlicher Weise zerreissen viele Hutpilze den Schleier, der sie in der Jugend umhüllt. Eine Abschälung zeigt uns die Rinde vieler Holzgewächse. Eine periodische Abblätterung der Rindenhaut sehen wir bei Rubus odoratus, Spiraea opulifolia, und besonders schön bei der Birke und dem Erdbeerbaum (Arbutus Andrachne); eine Abschälung der äusseren Bastschichten bei der Rebe und Waldrebe (Clematis); eine Abschuppung der Borke bei der Platane, dem Apfelbaum, der Kiefer u. s. w. Auch der knollige Stamm von Isoëtes schuppt sich im Umkreise ab. Ein völliges Ausschlupfen endlich zeigt uns der aus den Samenhüllen hervortretende Keimling phanerogamischer Samen bei der Keimung.

Wir gehen nun zur Betrachtung der anderen Art über, in welcher sich die zu verjüngter Lebensthätigkeit fortschreitende Zellbildung von den früher selbstgebildeten Hüllen wieder befreit, nämlich zu den Erscheinungen der chemischen Erweichung und Auflösung der Zellhaut, welche bald als ein Aufquellen, das endlich in Zerfliessen endigt, bald als unmerkliche Resorbtion auftritt. Der Uebergang der Zellhaut in eine mehr oder weniger flüssige Gallerte, welche beim Eintritt der neuen Generationsreihe endlich ganz zerfliesst, ist in den untersten Reihen der Algen eine sehr häufige

Digitized by Google

Erscheinung, wie z. B. in den Familien der Palmellaceen*), Chroococcaceen**), Nostochinen u. s. w., nur fehlt es leider noch sehr an genügenden Untersuchungen über diese Gallertbildungen, sowohl in morphologischer als in chemischer Beziehung. Während sie früher meist für Ausscheidungen durch die Zellwände (Extracellularsubstanz) gehalten wurden, erklärt sie Nägeli***), wenn ich die betreffende Stelle nicht missverstehe, unter dem Namen der Hüllmembran, für äussere Schichten der Zellwand selbst. Bei Gloeocapsa, Gloeocystis und den anderen oben angeführten Beispielen scheint mir diese-Erklärung unzweifelhaft die richtige, während dagegen in anderen Fällen die Gallertmasse wirklich eine Ausscheidung an der Oberfläche der Zellhaut zu sein scheint, wie z. B. die Gallertumhüllung, welche nach Thwaites die copulirten Individuen der Diatomaceen umgiebt, oder die amorphe, sehr flüssige Gallerte, in welcher manche Desmidiaceen leben, wie z. B. Penium curtum, dessen Individuen innerhalb dieser Gallerte bei ihrer Theilung die bereits beschriebene Häutung erleiden †). Manchmal scheinen diese Gallerthüllen auch nicht sowohl umgeänderte und aufgequollene Zellhautschichten, als vielmehr schon ursprünglich in flüssig-gallertartiger Form ausgeschiedene Hüllen. Dass übrigens eine gallertartige Erweichung, Aufquellung und endliche Auflösung von Zellhäuten, welche aus normal sich verhaltender Cellulose gebildet sind, wirklich vorkommt, zeigen unzweifelhafte Fälle. Zu einer näheren Beschreibung eines solchen bieten meine Beobachtungen an dem schon öfter erwähnten Wassernetze (Hydrodictyon) Gelegenheit. Die Zellen dieser Pflanze zeigen im erwachsenen Zustande eine derbe und feste Zellhaut von ungefähr $^1/_{400}$ Mill. Dicke. Die genauere Untersuchung lässt 3 Schichten derselben unterscheiden, von

---

*) Vergl. z. B. Palmella (Nägeli, einzell. Algen t. IV. D).

**) Z. B. Gloeocapsa (ebendas. t. I. F), Aphanocapsa (t. I. B), Gloeothece (t. I. G), Aphanothece (t. I. H).

***) Einzell. Algen p. 13.

†) Vergl. oben p. 193.

denen die äusserste die dünnste, die mittlere die dickste ist; die beiden inneren Schichten sind farblos, die äusserste ist schwach gelblich gefärbt. Bei Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure und Jodtinktur zeigt sich ein verschiedenes Verhalten derselben. Die äusserste Schichte, welche ich als Cuticula bezeichnen will, quillt weder deutlich auf, noch färbt sie sich; die beiden inneren dagegen färben sich nach Umständen mehr oder weniger intensiv violett und quellen auf, so dass die Haut im Ganzen doppelt bis dreifach so dick erscheint als vorher. Die innerste Schichte verdickt sich hiebei stärker als die mittlere, so dass sie diese im aufgequollenen Zustand an Dicke übertrifft; sie bekommt dabei eine wellenartig gefaltete Oberfläche, und lässt deutlich eine Zusammensetzung aus untergeordneten Schichten erkennen. Wendet man eine concentrirtere Schwefelsäure an, so zieht sich der Umfang der ganzen Zelle merklich zusammen, die Cuticula aber nimmt an dieser Verkleinerung keinen Theil, sondern löst sich, viele wellenförmige oder blasige Erhebungen bildend, nach und nach von den inneren Zellhautschichten ab, wobei man sich leicht überzeugen kann, dass sie auch die Gelenkflächen der Zelle überzieht, also die einzelne Zelle vollständig umschliesst, wie die inneren Schichten. Eine längere Einwirkung concentrirter Schwefelsäure löst die Zellwand auf, wobei jedoch die Cuticula länger zu widerstehen scheint. Ein ganz ähnliches Aufquellen der Zellhaut, wie es künstlich durch Säuren hervorgebracht wird, tritt im natürlichen Lebenslaufe des Wassernetzes zur Zeit der Fortpflanzung ein. Sobald die Keimzellen im Innern gebildet sind, zeigt sich auch die Zellhaut verdickt und die innere Fläche derselben etwas wellig. Während die Sporen ihre anfangs sehr schwache Bewegung beginnen, zerreisst die Cuticula. Von nun an unterscheiden sich diejenigen Zellen, in welchen grössere, zur Bildung neuer Netze bestimmte Gonidien sich gebildet haben, von denjenigen, welche kleinere, zum Ausschwärmen bestimmte Gonidien enthalten*). Bei den ersteren nämlich

*) Vergl. oben p. 146.

dehnt sich die ganze Zellhaut in Zeit von wenigen Minuten sehr merklich und gleichmässig aus, wobei die zu klein gewordene Cuticula in einzelnen Fetzen abgeschält wird. Die Zellhaut entfernt sich durch diese Ausdehnung etwas von der ihr vorher dicht anliegenden Schichte der Macrogonidien, welche nun, Raum gewinnend, in stärkere zitternde Bewegung gerathen, bald aber innerhalb der Mutterzellhaut zum neuen Netze sich verbinden und in dieser Verbindung zur Ruhe gelangen. Das junge, von der Mutterzellhaut eingeschlossene Netz wächst nun rasch heran, die Mutterzellhaut fährt noch kurze Zeit fort, sich weiter auszudehnen, wobei sie immer undeutlicher wird und schon am zweiten Tage spurlos verschwunden ist. Bei denjenigen Zellen dagegen, welche Microgonidien enthalten, dehnt sich die Zellhaut nicht gleichmässig aus, sondern bildet bloss an einer oder der anderen Stelle, an welcher die Cuticula eingerissen ist, eine bauchige Erweiterung, welche aufplatzt und die in der lebhaftesten, wimmelnden Bewegung begriffenen Microgonidien in dichtem Schwarm entweichen lässt. Durch das Ausschwärmen entleert, bleibt sie unverändert zurück und ist noch längere Zeit nachher als leere Hülle unterscheidbar, ein Beweis, dass die raschere Auflösung der netzbildenden Mutterzellen vom Innern der Zelle aus bewirkt wird. Andere Zellen, welche gar nicht zur Fructification gelangen, zeigen auch den Erweichungsprozess der Zellhaut niemals. Während nämlich unter günstigen Umständen der ganze Vegetationsprozess der Hydrodictyon-Netze in 3 — 4 Wochen vollendet wird, wobei die einzelne Zelle sich (der Länge nach) um mehr als das Hundertfache (zuweilen selbst das 4 — 5 Hundertfache) vergrössert, zeigen andere Netze, unter ungünstigen Verhältnissen, eine langsamere Entwicklung, indem sie 4 bis 5 Monate lang fort vegetiren ohne die normale Grösse zu erreichen. An den Zellen solcher retardirter, niemals zur Fructification gelangender Netze beobachtet man eine verhältnissmässig dickere, sehr feste Zellhaut, welche in der Durchschnittsansicht eine feine Querstreifung (Porenkanäle?) zeigt, die ich an normal entwickelten Zellen niemals wahrnehmen konnte. Der Inhalt dieser Zellen zeigt meist

Digitized by Google

reichliche Oelbildung, von welcher sonst kaum wahrnehmbare Spuren vorkommen, und stirbt endlich unter mancherlei inneren Auflösungserscheinungen ab; die Zellhaut aber ist auch nach dem Absterben noch fest und unversehrt. Es ergiebt sich hieraus unzweifelhaft die Beziehung der Erweichung und Auflösung der Haut zu den Verjüngungsvorgängen im Inhalt der Zelle. Eine ähnliche Erweichung und Auflösung der Zellhaut tritt bei Botrydium*) zur Zeit der Keimzellenbildung ein. Die während der vegetativen Ausbildung lauchgrüne Blase nimmt zur Zeit der Reife eine meergrüne Farbe an, welche eine Folge der Verdickung und Trübung der Zellhaut ist, welche um diese Zeit eintritt. Die vorher nicht unterscheidbare blättrige Structur der Membran wird um diese Zeit deutlich sichtbar und die durch Erweichung schlaff gewordene Zellhaut sinkt zusammen, endlich zerschmelzend und die Keimzellen auf der Erde zurücklassend. Auf ähnlichen Vorgängen beruht ohne Zweifel die im Gewebe der Pflanzen so gewöhnlich vorkommende Auflösung und Resorbtion der Mutterzellhäute, die am genausten bei der Bildung der Sporen der Farne und Moose, sowie bei der Pollenbildung der Phanerogamen beobachtet wurde. Die von Nägeli**) sowohl, als von Unger***) angegebene gallertartige Verdickung der Mutterzellhäute des Pollen's steht wahrscheinlich in enger Beziehung zu ihrer bald darauf erfolgenden Resorbtion.

Auch hier können wir wieder auf analoge Vorkommnisse im zusammengesetzten Bau der Pflanze aufmerksam machen. Wie die alte Hülle der einzelnen Zelle bei zu neuer Individualisirung fortschreitender Umgestaltung des Inhalts erweicht und aufgelöst wird, oder auch auf unmerklichere Weise verschwindet, so werden auch zusammengesetzt-zellige Gewebemassen, welche sich selbst nicht mehr verjüngen, aber andere, in verjüngter Entwicklung begriffene Theile umschliessen, aufgelöst und zerstört. So wird in der Ent-

*) Vergl. oben p. 136. Meine Beobachtungen sind an der kleineren Art dieser Gattung, B. Wallrothii Kütz., gemacht.
**) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollen's der Phanerogamen. 1842.
***) Ueber merismatische Zellbildung bei der Entwicklung des Pollen's. 1844.

Digitized by Google

wicklungsgeschichte des Samens der Phanerogamen zuerst das umhüllende Gewebe des Kerns (der Achse des Samenknöspchens) in dem Maasse resorbirt, als der Keimsack an Wachsthum zunimmt; bald darauf das im Keimsack entstandene Gewebe, das sogenannte Eiweiss, welches den Keimling umgiebt, selbst wieder ganz oder theilweise verzehrt, indem der von ihm umgebene Keimling in seiner Entwicklung innerhalb des Samens fortschreitet. Ein ähnlicher Prozess wiederholt sich beim Keimen, indem bei eiweisshaltigen Samen eine Erweichung und Auflösung des Eiweisses um diese Zeit eintritt. Ein gallertartiges Aufquellen sehr dickhäutiger Eiweisszellen zur Zeit des Keimens zeigen uns namentlich manche Palmen (Phoenix, Manicaria, Phytelephas) und viele Leguminosen (Cercis, Cathartocarpus, Ceratonia, Gleditschia, Tamarindus, Bauhinia, Parkinsonia, Dialium, Mimosa). Auch in der äussersten Zellschichte der Samenschale (dem Epithelium des Samens) kommt eine ähnliche gallertartige Entwicklung der Zellen vor, wie z. B. bei der Quitte und manchen Cruciferen. Die merkwürdige Entwicklung gewisser Zellschichten in der Sporenfrucht von Marsilia, durch welche der bekannte, beim Aufspringen der Frucht in Form eines langen Wurmes hervortretende Gallertkörper, an welchem die gleichfalls gallertartigen Indusien, welche die einzelnen Sori umhüllen, befestigt sind, verdient hier gleichfalls erwähnt zu werden *).

Während die bisher betrachteten Erscheinungen der Ablegung der alten Gewänder der Zellen uns nur die Aussenseite des Verjüngungsprozesses zeigten, muss uns die Betrachtung der Auflösungserscheinungen, durch welche im Inhalt der Zellen die Neugestaltungen vorbereitet werden, schon tiefer in das Wesen der Verjüngung einführen. Der Auflösungs- und Umwandlungsprozess im Inhalt der Zelle ergreift mehr oder weniger alle Theile desselben; wir sehen ihn am deutlichsten im Verhalten der Stärke

*) Exploration scientifique d'Algérie. Bot. t. 38. f. 24—26. Schnitzlein, Iconographia, Marsiliaceae f. 4.

Digitized by Google

oder des Amylon's, der fetten Oele, sowie auch des Zellkerns. Es giebt gewisse Produkte des Zellenlebens, welche uns einen Maassstab für das Alter der Zelle geben. Während die Chlorophyllbildung vorzüglich der kräftigen Jugendzeit der Zelle eigenthümlich ist, sehen wir in der Stärke- und Oelbildung im Inneren der Zelle, ähnlich wie in der Bildung der Cellulose-schichten an der Aussenfläche derselben, eine Beschränkung und Beruhigung der Lebensthätigkeit eintreten, welche das vorgerücktere Alter bezeichnet, jedoch mit dem Unterschiede, dass die überhandnehmende Bildung der Zellhaut (der Verholzungsprozess) gewöhnlich den bleibenden Tod der Zelle zur Folge hat, während die Erfüllung der Zelle mit Amylon oder Oel einen Schlafzustand herbeiführt, aus welchem das Leben meist zu verjüngter Thätigkeit hervorzugehen bestimmt ist, und aus welchem es, unter gewissen Umständen, selbst noch nach Jahrtausenden erwachen kann, wie die bekannten Erfahrungen über das Keimen der Waizenkörner aus den egyptischen Königsgräbern bewiesen haben. Es gilt diess namentlich für die durch Amylonbildung herbeigeführten Ruhezustände, während die Oelbildung zwar häufig, aber nicht immer, einen der Verjüngung fähigen Zustand der Zelle bedingt. Die Chlorophyllbildung hält mit der Bildung des Amylons und des fetten Oeles in den Zellen umgekehrten Schritt; während Amylon und Oel im Alter der Zelle am reichlichsten erscheinen, mit der Verjüngung derselben aber wieder ganz oder theilweise zerstört werden, verschwindet der grüne Farbestoff gerade umgekehrt im Alter der Zellen, mit der Verjüngung derselben von Neuem erscheinend. So färben sich die Blätter des Epheus im Winter mehr oder weniger braunroth, um im Frühling von Neuem zu ergrünen; die Keimlinge in vielen Samen sind in der ersten Bildungszeit grün, mit der Reife der Samen, in den Schlafzustand übergehend, werden sie weiss, indem das Chlorophyll verschwindet und die Zellen sich mit Stärke oder Oel füllen, keimend endlich färben sie sich, zu neuem Leben erwacht, abermals grün. Auch der Inhalt der Sporen mancher Cryptogamen ist vor der Reife chlorophyllhaltig, wird reif unter Verschwinden des Chlorophylls, durch Oelentwicklung

Digitized by Google

gelb, braun oder roth *), oder durch Amylonentwicklung weiss **), bis endlich beim Keimen das Chlorophyll von Neuem erscheint. Uebrigens gehört das Chlorophyll, dieser für die ganze Erscheinung der Pflanzenwelt so charakteristische, mit dem selbstständigen ***) Vegetationsprozess so innig verknüpfte grüne Farbestoff der Pflanzen, in Beziehung auf seine chemischen Verhältnisse, seinen genetischen Zusammenhang mit anderen Substanzen des Zellinhaltes und seine Umwandlungen, ja selbst in Beziehung auf die Gestaltungsverhältnisse, in welchen er für sich oder mit anderen Stoffen in Verbindung in der Zelle vorkommt, zu den noch am meisten der genaueren Erforschung bedürftigen Pflanzenstoffen, wesshalb wir uns mit diesen Andeutungen begnügen müssen.

Etwas genauer wollen wir den Wechsel von Bildung, Auflösung und Wiederbildung im Inhalt der Zelle an den Erscheinungen, welche das Amylon bietet, verfolgen. Schleiden nennt die Stärke den verbreitetsten Stoff in der Pflanzenwelt, indem er sagt, es seie ihm keine Pflanze bekannt, die nicht zu irgend einer Jahreszeit, wenigstens zur Zeit der ruhenden Vegetation, mehr oder weniger Stärke enthielte †). Schon dieses vorzugsweise Auftreten der Stärke zur Zeit der ruhenden Vegetation, in den Organen, in welchen

*) Man vergleiche die Sporen von Vaucheria, Spirogyra, Oedogonium, Bulbochaete. Auch die Sporen von Jungermannia enthalten nach Mohl in der Jugend Chlorophyll. Bei Chlamidococcus pluvialis verschwindet die grüne Farbe völlig in der ruhenden Generation (den Samenzellen), welche rothbraun, bis hochroth werden; die beweglichen Generationen (Gonidien) dagegen werden allmählig wieder grün (vergleiche weiter unten).

**) So bei den Sporen der Characeen.

***) Es fehlt bekanntlich den meisten schmarotzerischen Gewächsen, den cryptogamischen sowohl, als den phanerogamischen.

†) Grundzüge, zweite Aufl. I. p. 180. Schleiden vergisst dabei der Pilze Erwähnung zu thun, welchen ebenso, wie den phanerogamischen pilzartigen Schmarotzern, die Amylonbildung zu fehlen scheint. Auch den Phycochromhaltigen Algen (Chroococcaceen, Oscillatorinen, Nostochinen etc.) fehlt zugleich mit dem Chlorophyll das Amylon (Nägeli, einz. Alg. p. 5)

Digitized by Google

die Pflanze während der Ruheperiode (dem Winter- oder Sommerschlafe) ihr Leben einer künftigen Vegetationszeit bewahrt, deutet auf die Bestimmung der Stärke in der Oekonomie des Pflanzenlebens hin. So finden wir die Stärke besonders reichlich abgelagert in knollig angeschwollenen Wurzeln (z. B. Curcuma leucorhiza), in den aus unterirdischen Ausläufern sich bildenden Vermehrungsknollen (Kartoffel), in ausdauernden Wurzelstöcken (Iris, Arum, Isoëtes*)), in unterirdischen Knospen und Zwiebeln (Liliaceae), im Samen der Phanerogamen, und zwar theils im Eiweiss (Gräser, Polygoneen, Chenopodiaceen), theils im Keimling (Leguminosen, Castanea, Aesculus), so wie auch in den Sporen mancher Cryptogamen (z. B. Characeen, Rhizocarpeen). Selbst in der Rinde und im Splint der Bäume findet sich im Winter etwas Stärke abgelagert. Bei wiedererwachender Vegetation sind es bald dieselben Theile und dieselben Zellen, in welchen eine neue Bildungsthätigkeit eintritt, wie z. B. in den aus dem Samenschlaf erwachenden Keimlingen und Sporen, bald verhält sich das mit Stärke erfüllte Gewebe bloss dienend, indem durch die in ihm vorgehenden Auflösungsprozesse anderen zur Entwicklung kommenden Theilen Nahrung bereitet wird, während es selbst nach Erfüllung dieser Bestimmung zu Grunde geht, wie diess beim Eiweiss der Samen, dem Knollen der Kartoffel, den dicken Cotyledonen der Kastanie der Fall ist. Aber nicht bloss bei solchen mit dem Wechsel der Jahreszeiten zusammenhängenden Verjüngungen tritt die Auflösung der Stärke ein, ich habe sie bei Algen vielfältig mitten im Sommer und ohne vorausgegangene Ruhezeit der Vegetation im Momente des Uebergangs zur Fortpflanzung, namentlich bei der Vorbereitung zur Gonidienbildung, beobachtet. Hydrodictyon zeigt in dieser Beziehung folgende Erscheinungen. Die im Laufe der Wachsthumszeit des Netzes sich nach und

*) In dem kuchenförmigen Stock von Isoëtes lacustris findet sich eine reichliche Menge von Stärkemehl, dagegen nur geringe Spuren von Oel, während in den Stöcken der auf dem Lande wachsenden Isoëtes-Arten vorwaltend fettes Oel vorkommt (vergleiche p. 213).

Digitized by Google

nach bildenden Amylonkörner *) erscheinen zuerst als kleine Kugeln (oder Bläschen?) von $1/_{600}$ bis $1/_{500}$ Mill. Durchmesser, von hellerer Färbung als die umgebende grüne Masse, welche im Umkreis derselben die intensivste Färbung zeigt. Wie diese ersten Kugeln oder Bläschen in der grünen Masse entstehen, konnte ich nicht beobachten; das erste derselben zeigt sich sogleich, nachdem die zur Netzbildung vereinigten Gonidien in den Ruhezustand übergegangen sind, schon ehe die Zelle sich gehöhlt hat, und mit jedem folgenden Tag treten neue hinzu, welche sich nicht durch Theilung des ersten bilden, sondern ihre gesonderte Entstehung haben. Schon am zweiten Tage sieht man diese Bläschen mit einem mehr oder minder deutlichen Hofe umgeben, der anfangs grün und etwas wellig oder zackig begrenzt ist, bald aber sich zu einer scharf begrenzten, genau kreisförmigen Hülle gestaltet. Die auf diese Weise entstandene grössere Kugel hat einen Durchmesser von $1/_{200}$ bis $1/_{150}$ Mill. und nimmt an Grösse in der Folge nicht mehr zu; sie zeigt eine gelbliche oder lichtgelbgrüne Farbe, wobei jedoch der Kern (das zuerst entstandene Kügelchen) immer etwas heller erscheint, als die Hülle. Bei Anwendung von Jodtinktur nehmen diese Kugeln eine violette Farbe an, der Kern erschien mir dabei heller, mehr weinroth; nach vorheriger Entfärbung der Zellen durch längere Aufbewahrung in Weingeist, färbte sich die Hülle stärker, der Kern schwächer blaugrau, durch stärkere Einwirkung des Jod's so dunkel, dass die Farbe nicht mehr unterscheidbar war. Durch Anwendung von Aetzkalilauge quollen die Hüllen im Durchmesser um das drei- bis vierfache auf und verschwanden endlich ganz, während der Kern noch unverändert blieb **). Eine Schichtung zeigte sich in der aufquellenden Hülle nicht. Es ist hienach wohl nicht zu bezweifeln, dass die Hülle, anfangs noch von Chlorophyll durchdrungen, im ausgebildeten Zustand aus Amylon

*) Vergl. oben p. 184 und 205.

**) Ob sich der Kern bei längerer Einwirkung des Aetzkali's nicht auch noch auflöst, bedarf einer wiederholten Untersuchung.

Digitized by Google

gebildet ist, während die amylonartige Natur des Kernes sehr etwas zweifelhaft bleibt. Die angegebene Bildungsweise der Stärkekörner von Hydrodictyon scheint sich mit der von Fritsche und Schleiden vertheidigten Ansicht, dass die concentrisch gestreiften Stärkekörner durch äussere Schalenbildung um einen Kern entstehen, besser zu vertragen, als mit der von Münter und Nägeli behaupteten inneren (centripetalen) Bildung der Schichten *).

*) Schleiden, Grundzüge, dritte Aufl., p. 187; Münter, über das Amylon der Gloriosa superba etc. (bot. Zeit. 1845. p. 198); Nägeli, Zeitschr. 1847. p. 117. Die Entstehung und Ausbildung der Amylonkörner bedarf, ungeachtet der vielen Arbeiten, die wir über die Stärke besitzen, eine neue, sorgsame Untersuchung, indem keine der aufgestellten Ansichten hinreichend durch direkte Beobachtungen unterstützt ist. Für die Theorie der centripetalen Schichtbildung spricht scheinbar die grössere Weichheit der inneren Schichten, dagegen möchte ich anführen, dass die Höhle der concentrischen Stärkekörner stets so klein ist, dass bei der enormen Vergrösserung, welche das Stärkekorn während der Schichtbildung erleidet, eine der Bildung nachfolgende Ausdehnung der äusseren Schichten angenommen werden müsste, wie sie kaum denkbar ist. Die kleinen Stärkekörnchen, welche so häufig zwischen den grösseren vorkommen, scheinen gar keine Höhle zu besitzen; die so häufig im Inneren von Chlorophyllbläschen vorkommenden, bald einzelnen, bald geselligen Amylonkörnchen (ich fand in den obersten Blattgliedern von Chara hispida deren 10—12 in einem Chlorophyllbläschen) lassen keine Spur einer Höhle unterscheiden. Es mag daher die Vermuthung erlaubt sein, dass die Höhle auch in den grossen Stärkekörnern keine ursprüngliche, sondern eine sekundäre, durch Verschwinden des Kerns entstehende Erscheinung ist. Sind die Stärkekörner nicht selbst Zellen, sondern Ausscheidungskörper aus dem Zellinhalt, wie die Zellhaut, mit der sie chemisch so nahe verwandt sind, so ist die concentrische Bildung von aussen durchaus die wahrscheinlichere. Ich möchte ihre Entstehung der der Perlen in der Muschelschale vergleichen, abgesehen freilich von der Zufälligkeit der letzteren. Wie manche Perlen, indem sie an die Schale anstossen, von den späteren Lamellen der Schale überdeckt werden, so kommen auch bei Hydrodictyon den Amylonkörnern ähnliche Gebilde, als abnorme Bildung, zwischen die Lamellen der Zellhaut eingeschlossen vor. Ich werde sie nebst anderen sonderbaren Gebilden, welche in der Zellhaut von Hydrodictyon vorkommen, bei einer anderen Gelegenheit genauer beschreiben.

Digitized by Google

Betrachten wir nun das Verhalten dieser Stärkekörner beim Eintritt der Fortpflanzung, so sehen wir sie in der umgekehrten Ordnung der Entstehung ihrer Theile wieder verschwinden, indem zuerst die Hülle sich auflöst, der Kern aber noch einige Zeit unterscheidbar bleibt, bis er endlich gleichfalls spurlos verschwindet. Dieser ganze Auflösungsprozess wird gewöhnlich in einer Nacht vollendet; die Bildung der Gonidien und die oben beschriebene Erweichung der Zellhaut folgt ihm auf dem Fusse nach. In ganz ähnlicher Weise habe ich das Verschwinden der Amylonkörner kurz vor Eintritt der Gonidienbildung bei Cladophora glomerata, deren Zellen, wie bei Hydrodictyon, mit sehr zahlreichen Amylonkörnern versehen sind; ferner bei Ulothrix, deren Zellen ungefähr 6, und bei Ascidium und Pediastrum, deren Zellen nur ein einziges Amylonkorn enthalten, beobachtet. Auch bei Chlamidococcus verschwinden die Amylonkörner, wenn die später zu beschreibende Theilung der beweglichen Zellen eintritt.

Die Bildung des fetten Oeles schliesst sich in der Oekonomie des Pflanzenlebens an die der Stärke innig an; sein Erscheinen verkündigt gleichfalls die Ruhe des Alters im Zellenleben, sein Verschwinden die eintretende Verjüngung. Fettes Oel finden wir bald gemischt mit Stärke in den Zellen, bald stellvertretend oder auch die Stärke allmählig verdrängend; sein Vorkommen ist vielleicht noch allgemeiner als das der Stärke, indem es auch den Pilzen und Phycochrom-haltigen Algen nicht fehlt. Wie das Amylon wird es in reichlichster Menge in solchen Theilen getroffen, in welchen die Vegetation zu ruhen bestimmt und eines künftigen Wiedererwachens gewärtig ist, z. B. in knolligen Ausläufern (Cyperus esculentus) und Wurzelstöcken (Isoëtes*), Aspidium Filix mas), im Samen der Phanero-

*) Namentlich bei den auf dem Lande wachsenden Arten: J. Hystrix Durieu und J. Duriaei Bory (Explor. scient. d'Algerie. Bot. t. 36), so wie bei denjenigen, welche an bloss im Winter überschwemmten Orten wachsen: J. setacea Bosc, J. adspersa A. Braun, J. velata A. Braun (ebendas. t. 37). Alle diese enthalten nur wenig Amylon, aber sehr reichlich fettes

Digitized by Google

der Spore, wenn sie sich zur Keimung anschickt; die Menge der grossen und kleinen Oeltropfen ist verschwunden und in dem trüben, wieder grüner gewordenen Schleime erscheinen nur undeutlich noch einige kleinere Tröpfchen oder Bläschen. Neu entstandene Spiralbänder werden als dunklere, sich sehr nahe liegende, oft etwas flexuose schiefe Streifen, schon ehe die keimende Innenzelle ihre doppelte Hülle durchbricht, unterscheidbar (vergl. p. 144 und 192).

Die sonderbare Sporenbildung von Palmogloea durch völlige Vereinigung zweier vegetativer Zellen zu einer einzigen Samenzelle haben wir bereits früher (p. 145) betrachtet. Während der allmähligen Ineinanderwachsung und Verschmelzung der zwei sich vereinigenden Zellen kann man die Bildung des fetten Oeles Schritt für Schritt verfolgen. Vor Eintritt der Verbindung sind die Zellen mit einem feinkörnigen grünen Inhalte erfüllt, in welchem man während des Vorgangs der Verbindung eine Menge anfangs sehr kleiner und abstehender glänzender Tröpfchen entstehen sieht, welche allmählig grösser werden, sich berühren und theilweise zusammenschmelzen, so dass der zwischenliegende Inhalt fast gänzlich verschwindet und die vollendete Spore bloss mit einem Gemische von Oeltropfen der verschiedensten Grösse erfüllt scheint. Die Farbe der Zellen geht während dieses Vorgangs aus dem Grünen in ein lichtes Gelbbraun über. Durch Umbildung und Theilung des Inhalts dieser ölreichen Samenzellen entstehen später wieder vegetative Zellen mit homogenem grünem Inhalte. Der Vorgang dieser Neubildung, welchen in seinen Uebergangsstadien zu sehen mir noch nicht geglückt ist, muss also ohne Zweifel auf einer der Theilung und äusseren Neugestaltung vorausgehenden völligen inneren Auflösung des Inhalts der Samenzelle durch Umwandlung des fetten Oeles beruhen. Da Palmogloea nicht im Wasser, sondern an feuchten Felsen und auf Moos wächst, und da die Samenbildung derselben mit dem Eintritt der warmen und trockenen Jahreszeit zusammenfällt, so ist es wahrscheinlich, dass die allmählige Umwandlung des Oels schon in der Zeit der Austrocknung beginnt,

Digitized by Google

ja sogar die Austrocknung als Bedingung dieses Prozesses verlangt. Was ich für Palmogloea nur als Vermuthung aussprechen kann, das ist bei den folgenden Beispielen Gewissheit. Penium curtum*) ist eine kleine mit Closterium verwandte Desmidiacee, welche in Regenpfützen wächst, die durch den Wechsel der Witterung bald mit Wasser gefüllt sind, bald wieder trocken liegen. Im Spätherbst und Frühjahr erscheinen manche Pfützen in der Nähe von Freiburg mit hellgrünen Wolken erfüllt, welche durch das gesellige Wachsthum und die sehr flüssige, weit ausgedehnte gallertartige Umhüllung der Zellen gebildet werden. Wenn nach vorhergegangener Austrocknung die kleinen Wasserbecken sich wieder füllen, so bietet das allmählige Aufsteigen dieser zarten grünen Wolken vom schlammigen Grunde einen schönen und eigenthümlichen Anblick. Die Bildung und Wiederauflösung des Oeles, welche ich bei diesem Pflänzchen beobachtet habe, hängt

*) Vergl. oben p. 193. Ralfs (brit. Desmid p. 109) rechnet dieses von Brebisson entdeckte, zuerst unter Closterium, dann in die davon getrennte Gattung Penium gestellte Pflänzchen unter die Euastren, und zwar in die Gattung Cosmarium, ein Missgriff, vor welchem ihn eine durchgreifendere Berücksichtigung der Anordnung des Zellinhaltes bewahrt haben würde. Nach Nägeli würde Penium curtum in die Gattung Dysphinctium, Untergattung Actinotaenium, zu rechnen sein; es ist dem von ihm abgebildeten D. Regelianum (einzell. Alg. p. 109. t. VI. E) sehr ähnlich, aber durch zahlreichere grüne Längsbänder verschieden. Das hier bezeichnete Pflänzchen ist auch dadurch merkwürdig, dass es die den Desmidiaceen eigenthümliche Bewegung regelmässiger und lebhafter zeigt, als die übrigen Glieder der Familie, eine Bewegung, welche von derjenigen der Diatomaceen sehr verschieden ist. Es ist ein wunderbarer Anblick, wie sich in einer Wasserschüssel alle Individuen in kurzer Zeit mit ihrer Längenachse gegen das Licht richten und sich dadurch innerhalb der Gallertmasse in schöne Streifen ordnen. Die Beobachtung unter dem Microscop zeigt, dass sich dabei die jüngere Hälfte der Zelle, die noch längere Zeit nach der Theilung als solche unterscheidbar bleibt, dem Lichte zukehrt. Für die Anhänger der thierischen Natur der Desmidiaceen will ich noch bemerken, dass die Zellhaut von Penium durch Glühen völlig zerstört wird, somit kein Kieselpanzer ist; durch Kochen in Aetzkalilösung dagegen unversehrt bleibt.

Digitized by Google

nicht, wie bei den vorausgehenden Beispielen, mit der Samenbildung zusammen, sondern findet in den vegetativen Zellen statt; die ohne Zweifel durch Copulation vermittelte Samenbildung ist bei Penium curtum noch unbekannt. Bei frisch vegetirenden Individuen zeigt der Inhalt der länglichen, in der Mitte etwas eingeschnürten Zelle folgende Beschaffenheit: in der Mitte der ganzen Zelle befindet sich ein selten deutlich unterscheidbarer Zellkern; in der Mitte jeder Hälfte eine grössere Kugel, welche Nägeli als Chlorophyllbläschen bezeichnet, die ich aber, wenigstens sicher in älteren Zellen, ganz mit Amylon erfüllt fand. Die übrige lichtgrüne Grundmasse des Inhalts ist in jeder Hälfte von 10 bis 12 dunkler grünen, etwas granulirten Längsbändern durchzogen, welche vom Scheitel der Zelle aus gesehen als strahlig zur Längenachse gestellte, in der Mitte vereinigte, ziemlich dicke Platten erscheinen. Cultivirt man nun das Penium curtum lange Zeit in Wasserschüsseln, so geht endlich in allen Individuen, in einigen früher, in anderen später, eine eigenthümliche Veränderung vor sich. Die dunkelgrünen Längsstreifen werden undeutlich und unregelmässig, bis sie zuletzt verschwinden; dagegen erscheinen eine Menge heller, glänzender Kügelchen, welche, grösser werdend, den grünen Inhalt der Zelle gänzlich verdrängen, so dass die früher schön grüne Zelle zuletzt ein bleiches, schmutziggelbes Ansehen erhält. Dass die glänzenden Kugeln, welche nun die Zelle erfüllen, keine Sporen sind, wie man etwa vermuthen könnte, so wie auch keine Amylonkörner*), sondern wirkliche Oeltropfen, zeigt die genauere Prüfung. Jodtinktur verändert ihre Farbe kaum merklich, während die 2 grossen, in den beiden Hälften der Zelle noch vorhandenen Amylonkugeln eine schwarzviolette Farbe annehmen. Bringt man auf nicht ganz getrocknete Exemplare Terpentinöl, so fliessen die Oelkugeln in grössere unregelmässigere Tropfen zusammen; bei stärkerer Austrocknung schmelzen alle sichtlich zusammen und erfüllen die

*) Eine dichte Erfüllung der Zelle mit Amylonkörnern hat Meyen an Closterium Lunula beobachtet (Pflanzenphysiol. III. p. 437).

Digitized by Google

Zelle gleichmässig, wodurch die 2 vorher unter der Menge der Oeltropfen versteckten Amylonkörner sehr deutlich hervortreten. Mit diesem Zustande der Oelbildung nun tritt ein Stillstand im Leben dieser kleinen Organismen ein; die Zellen vermehren sich nicht mehr durch Theilung, der Lichtreitz hat keine Bewegungen mehr zur Folge, die gallertartige Umhüllung verschwindet, ohne dass neue Gallerte nachgebildet wird. Treten nicht besondere Ereignisse ein, so sterben die Individuen allmählig ab, indem sie sich gänzlich entfärben. Lässt man nun das Wasser austrocknen (wie es auch im Freien an den Wohnorten dieser Pflanze von Zeit zu Zeit geschieht) und übergiesst das ausgetrocknete Pflänzchen nach kürzerer oder längerer Zeit*) von Neuem mit Wasser, so sieht man schon am folgenden Tage neue Gallertwolken sich erheben, in welchen sich eine Menge neu ergrünter, wieder frisch vegetirender Individuen befinden, in denen an der Stelle der früheren Oelbläschen ein gleichmässig grüner Inhalt erscheint, der bald auch die grünen Längsbänder wieder unterscheiden lässt. Auch die Vermehrung durch Theilung stellt sich nun wieder ein. Dass diese verjüngt wiederauflebenden Individuen keine aus Sporen entstandene Brut sind, zeigt ihre Grösse, welche mit der der eingetrockneten Individuen übereinstimmt**).

Noch vollständiger habe ich die durch Austrocknung bedingte Verjüngung wahrscheinlich ölhaltiger Zellen an dem schon mehrfach erwähnten Chlamidococcus pluvialis***) beobachtet. Normal ausgebildete ruhende

*) Wie lange sich das Leben im Zustand der Austrocknung erhalten kann, habe ich an Penium curtum noch nicht ausgemittelt.

**) Eine ähnliche Erfüllung alter Zellen mit Oeltröpfchen, wie bei Penium curtum, habe ich nicht selten auch bei anderen Desmidiaceen, ferner bei Diatomaceen, bei Pediastrum, Conferva bombycina und ausnahmsweise, wie schon erwähnt, bei Hydrodictyon gesehen. In den meisten Fällen mag diese Bildung mit dem Absterben der Zellen endigen, so namentlich ziemlich gewiss bei Pediastrum.

***) Vergl. oben p. 147. 169. 197. 213. Ich kann hier nur die wesentlichsten Grundzüge aus der sonderbaren, einen complicirten Generationswechsel umfassenden

Digitized by Google

Zellen dieses vielgestaltigen, bald thier-, bald pflanzenähnlichen Geschöpfes erscheinen als Kugeln von $1/_{50}$ bis $1/_{25}$ Mill. Durchmesser, mit dicker derber Zellhaut und körnig-punktirtem, trübem Inhalt von bald braunrother, bald (zu anderen Zeiten oder an anderen Localitäten) hochrother Farbe. In der Masse des dunklen Inhalts versteckt liegen noch mehrere Gebilde, welche aber um diese Zeit gänzlich verhüllt sind, nämlich 4 — 6 farblose Amylonkügelchen von $1/_{300}$, höchstens $1/_{200}$ Mill. Durchmesser, welche, wie die

---

Lebensgeschichte dieses Geschöpfes andeuten; eine vollständige Verfolgung derselben durch alle ihre normalen und abnormen Verwicklungen würde eine eigene Abhandlung und zahlreiche bildliche Darstellungen erfordern. Da die Beobachtung der mannigfachen interessanten Erscheinungen, welche diese Pflanze bietet, gar keine Schwierigkeit hat, und eine vielseitige Wiederholung derselben zu wünschen ist, so erlaube ich mir auf das sehr verbreitete Vorkommen derselben aufmerksam zu machen. Der Entdecker des Chlamidoc. pluvialis, von Flotow, fand denselben im Jahr 1841 in der flachen Aushöhlung einer Granitplatte, welche den Steg über den Froschgraben bei Hirschberg bildet, später (1846) auch in Vertiefungen von Granitfelsen des Opitzberges bei Hirschberg, in welchen sich das Regenwasser ansammelt. Gleichfalls in Aushöhlungen von Granitfelsen fand ihn Dr. Mettenius kürzlich am Harlass bei Heidelberg. In flachen Vertiefungen horizontaler Sandsteinplatten auf mehreren Brückenmäuerchen fand ich ihn bei Freiburg zum ersten Male im Februar 1848, allenthalben begleitet von einem schönen Räderthierchen (Philodina roseola), an einer schattigeren Stelle auch in Gesellschaft von Mastichonema pluviale. In der Gegend von Donaueschingen fand ihn im vorigen Winter Pfarrer Brunner auf mehreren Kirchhöfen in den künstlich zur Aufbewahrung des Weihwassers angebrachten Höhlungen der (aus Sandstein gehauenen) Grabsteine, so wie in den zu demselben Zwecke auf die Gräber gestellten irdenen Gefässen. Bei Neuenburg in der Schweitz fand ich ihn in den durch uralte Auswaschung entstandenen Vertiefungen der Kalkfelsen am Ufer des See's, und zwar hier von besonders schöner, hochrother Farbe, im Jahr 1844 und 48. Kützing führt auch Böhmen (nach Corda), Frankreich (nach Brebisson) und Schottland (nach Greville) an, indem er Haematococcus Cordae Meneghini und Protococcus nivalis Grev. (Scot. Crypt. Flora t. 231) für dieselbe Pflanze mit Haematococcus pluvialis v. Flot. hält, worüber ich mir vorerst kein Urtheil erlaube.

Digitized by Google

von Hydrodictyon, einen Kern und eine Hülle unterscheiden lassen, durch Jodtinktur sich schmutzig-violett färben, wobei der Kern eine mehr rothe Farbe annimmt. Schwefelsäure bewirkt ein starkes Aufquellen der Hülle derselben. Ausserdem scheint im Centrum der Zelle ein grösseres, sehr zartes Kernbläschen vorhanden zu sein, welches jedoch von dem übrigen Zellinhalte so verhüllt ist, dass es nur sehr undeutlich wahrgenommen wird, und auch durch Zerdrückung des Inhalts nicht deutlich dargestellt werden kann. Aus diesen ruhenden kugelförmigen Zellen kommen, wenn sie ins Wasser gebracht werden, auf die schon angegebene Weise (p. 197) meist 4 gonidienartige Schwärmzellen hervor. Noch ehe die Theilung des Inhalts, durch welche letztere gebildet werden, eintritt, sieht man in der Farbe der Mutterzelle eine Veränderung eintreten, indem die rothe Färbung des Inhalts sich von der Peripherie etwas zurückzieht und ein gelber (zuweilen schon etwas ins Grünliche spielender) Hof um die intensiver roth gefärbte innere Masse sich bildet. Auch die jungen Schwärmer haben in der ersten Zeit nach dem Ausschlupfen nur einen schmalen gelben Hof um das dunkelrothe Innere. Während der zwei- bis dreitägigen Bewegungs- und Wachsthumszeit dieser Schwärmzellen, in welcher sie an Volumen ungefähr um das Vierfache zunehmen, indem sie zugleich ihre anfänglich stumpf-eiförmige Gestalt mehr in eine verkehrt birnförmige, zugespitzte verändern, und eine lockere, zarte Hülle um sich bilden (p. 169), gehen abermals bedeutende Veränderungen im Inhalte der Zellen vor sich. Die rothe Farbe concentrirt sich nämlich mehr und mehr auf die Mitte der Zelle, so dass ein scharfumschriebener hochrother Kern gebildet wird, in dessen Innerem oft deutlich ein hellerer Raum erscheint, der dem oben erwähnten Kernbläschen entspricht, um welches der rothe Farbestoff eine meist geschlossene, zuweilen aber auch unvollständige oder unterbrochene Decke bildet. Der übrige Zellinhalt ist schön hellgrün geworden und lässt deutlich die oben erwähnten Amylonkügelchen und ausserdem noch viele kleinere grüne Körnchen unterscheiden. Die oft rüsselartig vorgezogene flimmertragende Spitze der Zelle ist farblos.

Digitized by Google

Dieser ersten beweglichen Generation folgen nun in nicht genau bestimmter Zahl mehrere weitere bewegliche Generationen, welche das Wasser einige Wochen lang beleben und oft lebhaft grün färben, bis endlich wieder allgemeine Ruhe eintritt, wobei die Zellen zu Boden sinken oder an die Wände sich ansetzen. Der Uebergang von einer beweglichen Generation zur andern geschieht durch eine transitorische ruhende Generation von äusserst kurzer Dauer. Die ausgewachsenen Schwärmzellen kommen nämlich innerhalb ihrer weiten, hemdartigen Hülle endlich zur Ruhe und damit fast gleichzeitig zur Theilung in 2 Zellen, welche, ohne beweglich zu werden, sich sogleich wieder in 2 Zellen theilen. So entstehen innerhalb der mütterlichen Hülle 4 Tochterzellen (eigentlich Enkelzellen), welche bald nach vollendeter Bildung sich zu bewegen beginnen und, die umhüllende zarte Blase zerreissend, sich zerstreuen. Der Verlauf dieses ganzen Fortpflanzungsprozesses ist sehr rasch, indem er in einer Nacht und dem darauffolgenden Morgen vollendet wird. Die so entstandene zweite bewegliche Generation gleicht der ersten, nur mit dem Unterschiede, dass die schwärmenden Zellen von Anfang an grün und mit kleinerem rothem Kern im Innern versehen sind. Auch die weiteren beweglichen Generationen gleichen im Allgemeinen den vorausgehenden, doch kommen in denselben mancherlei Abweichungen zum Vorschein. So sieht man z. B. die erwachsenen Schwärmer nicht selten sonderbare zweilappige, ja selbst vierlappige Gestalten annehmen, indem sie sich zu theilen beginnen, ehe sie zur Ruhe gekommen sind; oder es tritt zuweilen eine transversale Einschnürung und Abschnürung der Zelle auf, veranlasst durch ein theilweises Hervortreten derselben aus ihrem lockeren Hemde u. s. w. Eine ziemlich constante Erscheinung in den späteren beweglichen Generationen ist die Bildung von Höhlen (Vacuolen), und zwar entweder mehrerer excentrischer, wobei der rothe Kern seine centrale Stellung behält, oder einer einzigen centralen, wobei derselbe eine seitliche Stellung erhält. Verdrängen solche Wasserhöhlen die grüne Schleimschicht stellenweise ganz, so dass sie den Primordialschlauch berühren, so entsteht eine Form, welche

Digitized by Google

von Flotow als Haematococcus pluvialis lacunosus bezeichnet und am a. O. t. 25. f. 69 und 70 abgebildet hat. Der rothe Kern wird in den letzten Generationen oft sehr klein, so dass er, besonders wenn er durch Bildung einer centralen Vacuole wandständig wird, sehr dem rothen Körperchen gleicht, welches den beweglichen Gonidien vieler und sehr verschiedenen Familien angehöriger Algengattungen zukommt, und welches von Ehrenberg bei den Volvocinen als „Aug" bezeichnet wird*). Auch ein völliges Verschwinden der rothen Farbe kommt nicht selten vor. In den späteren Stadien des Generationscyklus tritt endlich auch die schon erwähnte Microgonidienbildung (p. 147) auf, indem manche Individuen anstatt 4 Tochterzellen durch weiter fortgesetzte Theilung eine Brut von 16 oder 32 kleinen Zellen hervorbringen, welche vor ihrer Trennung einen maulbeerförmigen Körper bilden, endlich aber, auseinanderweichend, schon innerhalb der mütterlichen Hülle in ein sehr lebhaftes Gewimmel übergehen, das mit Zerreissung der Hülle und rascher Zerstreuung der kleinen Schwärmer endigt. Diese sind von länglicherer Gestalt, als die grossen Schwärmer, nur ungefähr $^1/_{150}$, selten bis $^1/_{100}$ Mill. lang, von Farbe gelblich oder schmutzig gelbgrün mit röthlicher flimmertragender Spitze**). Sie zeigen keine Wachs-

*) Ich habe ein solches „Auge" beobachtet bei den schwärmenden Gonidien von Hydrodictyon, Ulothrix zonata (vergl. Kütz. Phyc. gen. t. 80), Ul. Braunii K., Hormidium variabile K., Draparnaldia, Stigeoclonium (bei mehreren Arten), Chaetophora (ebenso), Coleochaete pulvinata, Cladophora glomerata; also bei Gattungen aus 5 verschiedenen Familien, die Volvocinen (Volvox, Pandorina, Botryocystis Morum?) nicht mitgerechnet. Aus der Gattung Chlamidomonas giebt es Arten mit und andere ohne rothen Punkt. Der rothe Punkt scheint zu fehlen bei Vaucheria, Oedogonium, Bulbochaete, Conferva bombycina, Aphanochaete, Gongrosira, Ascidium, Characium, Sciadium, Pediastrum, Apiocystis, Dictyosphaerium, Tetraspora, Protococcus viridis, Gloeococcus. In manchen Fällen mag ihn Kleinheit und schwache Färbung der Beobachtung entzogen haben.

**) Haematococcus pluvialis porphyrocephalus von Flotow l. c. p. 469, t. 25. f. 74; wobei ich jedoch bemerke, dass ich die daselbst beschriebene

Digitized by Google

thumszunahme, wie die grossen Schwärmer, bekleiden sich niemals mit einer bemerkbaren und abstehenden Haut, und besitzen keine weitere Fortpflanzungsfähigkeit. Die meisten gehen nach eingetretener Ruhe zu Grunde, indem sie zerfliessen; andere werden zu kleinen rothen Kugeln, von welchen es zweifelhaft ist, ob sie wieder zur normalen Grösse heranwachsen können. Betrachten wir nun weiter die Art und Weise wie der Cyclus der beweglichen Generationen abgeschlossen und zur ruhenden Vegetation übergeführt wird, so finden wir, dass die Grossschwärmer der letzten beweglichen Generation, nachdem sie ihr Wachsthum vollendet und den Ruhezustand erreicht haben, anstatt sich sofort wieder zu theilen, ungetheilt bleiben, eine vollkommen kugelige Gestalt annehmen, und sich im Verlauf mehrerer Tage mit einer dicken, dicht anliegenden Zellhaut umkleiden, während die frühere lockere, abstehende Haut allmählig verschwindet. Der Inhalt, der beim Eintritt der Ruhe bis auf den kleinen rothen Kern, ja manchmal selbst ganz grün war, röthet sich nun allmählig wieder, vom Grünen durch mancherlei Abstufungen des Braunen, manchmal des schön Goldgrünen und Goldbraunen, ins Rothe übergehend. Diese kugeligen, dickhäutigen Zellen (dieselben, mit deren Betrachtung wir den Anfang machten) verhalten sich wie Samenzellen oder Sporen, indem sie in einen völligen Ruhezustand übergehen. Sie zeigen kein Wachsthum und, nachdem die Haut ihre gehörige Dicke und der Inhalt seine rothe Farbe erreicht hat, überhaupt keine weitere sichtbare Veränderung mehr, wenn sie nämlich fortwährend im Wasser verbleiben. Ich habe sie mehrere Monate lang im Wasser aufbewahrt, ohne dass eine neue Entwicklung derselben eintrat, vielmehr fiengen sie endlich an zu bleichen und abzusterben, wenn sie nicht schon vorher von den sich stark vermehrenden Räderthierchen (Philodina roseola) aufgefressen wurden. Soll ein neuer

---

hämmernde Bewegung des verschmälerten rothen Vordertheiles niemals beobachtet habe; die Bewegung wird, wie bei den grossen Schwärmern, durch 2 Flimmerfäden bewerkstelligt, welche durch Tödtung mit Jodtinktur sichtbar werden.

Digitized by Google

Generationscyclus beginnen, so muss zuvor eine Austrocknung eintreten. Diese Eigenthümlichkeit ist es, auf welche ich hier vorzüglich aufmerksam machen wollte. Schon eine kurze (z. B. eintägige) Austrocknung giebt den ruhenden Zellen ihre Verjüngungsfähigkeit zurück, aber auch bei einem sehr langen Verharren im trockenen Zustande bleibt dieselbe erhalten, wie diess schon aus dem Vorkommen dieser Pflanze entnommen werden kann und durch künstliche Versuche leicht zu beweisen ist. Völlig ausgetrocknete Exemplare, wieder ins Wasser gebracht, gebähren gewöhnlich schon am anderen Morgen bewegliche Gonidien. Die merkwürdigsten Erfahrungen in dieser Beziehung habe ich an Exemplaren gemacht, welche Herr von Flotow die Güte hatte mir mitzutheilen. Im März 1848 zu Hirschberg in Schlesien eingelegte Exemplare zeigten, im April desselben Jahres in Freiburg wieder ins Wasser gebracht, schon nach 22 Stunden neugeborene bewegliche Junge; 1846 getrocknete Exemplare ungefähr nach 32 Stunden; endlich Originalexemplare von der Steinplatte über den Froschgraben aus dem Jahre 1841 nach ungefähr 3tägiger Einweichung. Diese letzten hatten also während siebenjähriger Aufbewahrung im Herbarium ihre Lebenskraft bewahrt*). Um jedoch das Bild der wechselnden Generationen dieses vielgestaltigen Wesens in seinen Hauptzügen zu vollenden, muss ich bemerken, dass es ausser den beschriebenen beweglichen Generationen (Macrogonidien und Microgonidien) und der in den sporenartigen Ruhezustand übergehenden Schlussgeneration noch anderweitige Generationen giebt, welche im Vergleich mit diesen gonidien- und sporenartigen Zuständen als die eigentlichen Repräsentanten der vegetativen Entwicklung zu betrachten sind; es sind diess mit ruhigem und langsamem vegetativem Wachsthum begabte Generationen, welche sich durch rein vegetative, von keiner Schwärmbewegung begleitete Theilung vermehren. Es hängt lediglich von äusseren Umständen ab, ob aus den ruhenden Zellen, welche ich als Samenzellen bezeichnet habe, sofort wieder die Reihe der

*) Man vergleiche in dieser Beziehung auch von Flotow l. c. p. 500.

Digitized by Google

beweglichen Generationen hervorgeht, oder ob eine Reihe ruhig vegetirender Zellgenerationen auftritt. Das erstere ist der Fall, wenn die ausgetrockneten Samenzellen völlig ins Wasser gebracht werden, das letztere dagegen, wenn sie sich an Orten befinden, welche feucht und luftig zugleich sind *), wie diess im Freien besonders in den milderen Zwischenzeiten des Winters und in der feuchten Uebergangszeit zum Frühling, vorübergehender aber auch zu jeder anderen Jahreszeit, so oft die kleinen Wasserbecken, welche Chlamidococcus bewohnt, vom Regen gefüllt werden, an den Rändern derselben der Fall ist. Bei der Cultur im Zimmer habe ich diese vegetativen Generationen nur selten beobachtet, während sie am natürlichen Fundort gewiss die bedeutendste Stelle in der Wechselfolge der verschiedenen Lebenszustände einnehmen, wie man aus der Stärke der Krusten und Häute, welche durch solche vegetative Vermehrung gebildet werden, schliessen kann **). Die Bildung und Vermehrung dieser vegetativen Generationen geschieht gleichfalls durch Theilung des Zellinhaltes, entweder durch einfache oder, indem die erste Generation transitorisch ist, durch doppelte Zweitheilung (scheinbare Viertheilung). Die neugebildeten Zellen schlupfen jedoch nicht, wie die jungen Schwärmer, aus der mütterlichen Hülle hervor, sondern bleiben an Ort und Stelle. Die Mutterzellhaut scheint sich zu erweichen, dehnt sich aus und wird mehr allmählig auseinandergezogen, als regelmässig zersprengt; sie verschwindet endlich auf unmerkliche Weise, indessen die Tochterzellen heranwachsen und sich selbst wieder mit einer ziemlich dicken, fest anliegenden Zellhaut bekleiden. Auf diese Weise wiederholt sich die Theilung mehrfach und es entstehen, indem alle Zellen in inniger Berührung bleiben, zuerst kleinere Familien, allmählig aber bedeutendere Conglomerate von Zellen. Die Grösse der einzelnen Zellen in diesen Gruppen wechselt von $^1/_{100}$ bis

*) Wahrscheinlich darf in diesem Falle auch keine völlige Austrocknung vorhergehen.

**) Haematococcus pluvialis var. leprosus von Flotow l. c.

Digitized by Google

$\frac{1}{50}$ Mill., ihre Gestalt ist nicht rein kugelig, sondern zum Theil durch ebene Flächen begrenzt, wie es die in den drei Richtungen des Raumes abwechselnden Theilungsverhältnisse mit sich bringen. Die Farbe finde ich in hiesiger Gegend gewöhnlich licht rothbraun. Nach der Form und Theilungsweise der Zellen würde man, ohne Kenntniss der übrigen Lebensgeschichte, diese Krusten einem Pleurococcus zuschreiben*). In denselben Krusten kommen aber auch wieder einzelne grössere vom Verband mit den übrigen abgelöste, rein kugelige Zellen vor, welche sich nicht mehr zu theilen und wieder in den Zustand von ruhenden Samenzellen übergegangen zu sein

*) In diesem Zustande zeigt Chlamidococcus pluvialis ein so entschieden vegetabilisches Verhalten, dass auch die Anhänger der weitesten Ausdehnung des Thierreichs, ohne Kenntniss seiner beweglichen Zustände, schwerlich ein thierisches Wesen in ihm vermuthen möchten. Allein auch die beweglichen Zustände des Chlamidococcus können nicht als thierisch belebte betrachtet werden, wenn überhaupt das durch Flimmerbewegung erzeugte Schwärmen der Algengonidien, welches von den Palmellaceen aufwärts bis zu den Fucoideen vorkommt, und selbst noch bei den höheren Cryptogamen (Characeen, Moosen, Farnen und Rhizocarpeen) in der gleichfalls durch zarte Wimpern vermittelten Bewegung der Samenfaden sein Analogon findet, für eine Erscheinung des Pflanzenlebens gehalten werden darf, was wir, ungeachtet unserer Unkenntniss über Ursache und Ausführungsweise dieser Bewegung, nach der Art, wie dieselbe als normales Moment im Zusammenhange des vegetativen Lebens auftritt, nicht zweifelhaft zu sein scheint. Obgleich die Bewegungserscheinungen bei Chlamidococcus von längerer Dauer sind, als sie sonst gewöhnlich bei den schwärmenden Algengonidien vorkommen, so ist die Art der Bewegung doch wesentlich die gleiche, nämlich ein ununterbrochenes Drehen um die Längsachse, verbunden mit einem Fortschreiten nach der Seite der flimmertragenden Spitze. Die Richtung der Drehung ist bei Chlamidococcus constant links, wie bei den Gonidien von Oedogonium, wogegen die Gonidien von Vaucheria, so wie die ovalen Familienstöcke von Pandorina constant rechts drehen. In Beziehung auf die Dauer der Bewegung bildet Protococcus viridis, dessen bewegliche Gonidien ihr Schwärmen auch in die Nacht hinein fortsetzen, ein Mittelglied zwischen dem gewöhnlichen Verhalten einerseits, und dem von Chlamidococcus und den Volvocinen anderseits.

Digitized by Google

scheinen. Sie zeichnen sich durch dunkleren Inhalt und dickere Zellhaut vor den übrigen aus. Von ihnen findet die Rückkehr zu erneuter ruhiger Vegetation wahrscheinlich erst nach Durchlaufung der Reihe der beweglichen Generationen statt. Jeder Regenguss wird diese loseren reifen Zellen der Chlamidococcuskrusten wegspühlen; in das angesammelte Regenwasser geführt, werden sie bald ihre bewegliche Brut gebären, die, nach einigen Generationen wieder zur Ruhe zurückkehrend, an den Rändern der kleinen Pfützen sich absetzen und dort wieder zur ruhigen vegetativen Vermehrungsweise zurückkehren wird. Diess scheint mir wenigstens der normale Kreislauf für das Leben dieser kleinen amphibischen und amphibolischen Alge zu sein. Was wir an ihr besonders betrachten wollten, ist das Auftreten und Verschwinden eines wahrscheinlich ölartigen rothen Farbestoffs im Zusammenhang mit den Veraltungs- und Verjüngungszuständen der Zellen. Wir fanden denselben am reichlichsten entwickelt in den ruhenden, zum völligen Stillstand der Vegetation gekommenen Samenzellen, wir sahen ihn dagegen fast gänzlich verschwinden in den in rascher Verjüngung sich folgenden und mit sehr schnellem Wachsthum begabten beweglichen Generationen. Der rothe Farbestoff scheint also hier dieselbe Rolle zu spielen, welche wir der Oelbildung in den vorher betrachteten Beispielen zugeschrieben haben. Da die Fähigkeit das Leben im ausgetrockneten Zustande zu bewahren und die Nothwendigkeit der Austrocknung, als Vorbereitung zur künftigen Verjüngung, bei Chlamidococcus einen ähnlichen Grund vermuthen lässt, wie bei anderen kleinen Algen, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass auch in diesem Fall der rothe Farbestoff entweder selbst von ölartiger Natur ist oder in Verbindung mit einem fetten Oele vorkommt *). Die Erscheinungsweise desselben in

*) Nägeli (einzell. Alg. p. 9) schreibt die bei mehreren Palmellaceen theils normal (Pleurococcus miniatus, Palmella miniata), theils als abnorme Erscheinung (Tachygonium, Chlorococcum, Endococcus) vorkommende rothe Färbung gleichfalls der Bildung eines orangefarbigen Oels an der Stelle des Chlorophylls zu. Wahrscheinlich haben diese alle

Digitized by Google

den Zellen spricht theilweise für diese Annahme, theilweise scheint sie ihr entgegen, indem die rothe Farbe nicht immer in der dem Oele eigenen Tropfenform erscheint. In den völlig rothgefärbten ruhenden Zellen erscheint der ganze Inhalt (mit Ausnahme der Amylonbläschen) von der rothen Farbe durchdrungen, ohne dass sich abgesonderte rothe Tröpfchen unterscheiden lassen; doch fand ich in den Wasserschüsseln, in denen ich den Chlamidococcus cultivirte, auch zuweilen (krankhafte?) ruhende Zellen, in welchen sich der bräunlichgrüne Inhalt etwas von der derben Zellhaut zurückgezogen und zwischen Haut und Inhalt grosse plattgedrückte Tropfen von entschieden ölartigem Ansehen und dunkelgelbrother Farbe gebildet hatten. Der zusammenhängende rothe Kern, wie er besonders in den beweglichen Zellen vorkommt, zerfällt sehr leicht in viele tropfenartige Theilchen, so z. B. beim Absterben krankhafter Zellen im Wasser, ferner beim Absterben durch Austrocknung *), beim Zerdrücken der Zellen, sowie endlich bei Einwirkung von Schwefelsäure, wobei die rothen Tropfen allmählig eine schmutzig-violette Farbe annehmen. Terpentinöl dagegen breitet die rothe Farbe in kurz vorher abgetrockneten Zellen durch den ganzen Inhalt gleichmässig oder auch vorherrschend in der Peripherie der Zelle aus.

Deutlicher erscheint die Oelbildung in dem Schlafzustande von Chlamidomonas. Mehrere Arten dieser bisher ins Thierreich gerechneten, mit

---

die Fähigkeit im ausgetrockneten Zustande ihr Leben längere Zeit zu erhalten, was ich wenigstens von Pleurococcus miniatus bestimmt versichern kann. Auch bei den an Mauern wachsenden Krusten von Protococcus viridis nehmen die Zellen der obersten, dem Austrocknen am meisten ausgesetzten Schichte oft eine bräunlichrothe Farbe an, deren Entstehung sich wahrscheinlich auf ähnliche Weise erklärt.

*) Alle beweglichen Formen gehen nach meinen Beobachtungen durch Austrocknung zu Grunde. Einen Haem. pluvialis atomarius, wie ihn von Flotow annehmen zu dürfen glaubt, kann ich nicht bestätigen. Die Erhaltung des Chlamidococcus, sowohl im ausgetrockneten, als im eingefrorenen Zustand, geschieht sicherlich nur durch die ruhenden, dickwandigen Zustände.

Digitized by Google

Gloeococcus und Chlamidococcus nahe verwandten Gattung erscheinen im Anfang des Frühjahrs in solcher Menge, dass sie eine auffallende grüne Färbung des Wassers erzeugen; wenige Wochen darauf verschwinden sie spurlos und werden das ganze übrige Jahr hindurch nicht mehr bemerkt. Wie es sich mit diesem Verschwinden eigentlich verhält, habe ich an einer Art beobachtet, welche ich als Chlamidomonas oblusa bezeichne *).

---

*) Chlamidomonas (ein freilich im Pflanzenreich sonderbar klingender Name) unterscheidet sich als Gattung von Chlamidococcus durch die enganliegende (nicht weit abstehende) Haut der alten Schwärmzellen; ferner durch den Mangel der kleineren Amylonkörner im Innern, wogegen, wie es bei den meisten Palmellaceen gewöhnlich ist, ein einziges grösseres „Chlorophyllbläschen" (Amylonbläschen?) im Innern vorhanden ist. Ein centraler rother Kern, wie ihn die Chlamidococcus-Gonidien besitzen, fehlt, dagegen besitzen einige Arten einen wandständigen rothen Punkt (ein „Auge"). Die Bewegung geschieht durch 2 Flimmerfäden, wie bei Chlamidococcus. Wie bei dieser Gattung findet ein Wachsthum der Gonidien während des Schwärmens, das Tag und Nacht über fortdauert, statt. Microgonidienbildung kommt gleichfalls vor. Die Arten dieser Gattung sind ohne Zweifel sehr zahlreich, aber ihre Unterscheidung, sowohl unter sich, als von den Schwärmzellen verschiedener anderer Algen, ohne vollständige Kenntniss der Lebensgeschichte, schwierig. Die oben erwähnte neue Art, Chl. oblusa, findet sich auf der Rheinebene bei Freiburg in Sandgruben, welche im Sommer zeitweise fast ganz austrocknen. Die Macrogonidien wachsen während ihrer Schwärmzeit von $\frac{1}{60}$ bis fast $\frac{1}{30}$ Mill. Länge; sie sind länglich, beiderseits gleich dick und sehr stumpf, fast abgestutzt, am flimmertragenden Ende mit einer farblosen Stelle, welche die Form eines Ausschnittes hat. Im Uebrigen ist der Inhalt dunkelgrün, feinkörnig, in der hinteren Hälfte mit einem grossen Bläschen, vor diesem mit einem rundlichen helleren Raum, ohne rothen Punkt. Sie vermehren sich durch einfache oder doppelte Zweitheilung in mehreren aufeinanderfolgenden Generationen. Zuweilen bilden sich durch weiter fortgesetzte Theilung des Inhalts erwachsener Macrogonidien 16 oder 32 Microgonidien von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{120}$ Mill. Länge, eiförmiger Gestalt und lichterer, ins Braungelbe ziehender Farbe. Die ruhenden (Samen-)Zellen sind kugelig, von ungefähr $\frac{1}{40}$ Mill. Durchmesser, anfangs grün, später licht gelbbraun, endlich fleischröthlich; sie haben eine derbe, wasserhelle Zellhaut. — Eine andere Art, Chl. tingens, erscheint in den Pfützen der

Digitized by Google

Ich brachte dieselbe im April vorigen Jahres im Zustande des Schwärmens nach Hause. Die grossen, dunkelgrünen Schwärmer, durch ihre auffallende Abstumpfung an beiden Enden von anderen ähnlichen grünen Schwärmzellen abweichend, vermehrten sich noch einige Zeit, und brachten mitunter auch sehr kleine, bleichere und mehr braungelbe Schwärmerchen (Microgonidien) hervor; nach Verlauf von wenigen Wochen jedoch war keine bewegliche Zelle mehr im Wasser zu finden, indem die erwachsenen Schwärmer nach und nach sämmtlich zur Ruhe gekommen und niedergesunken waren. Die vorher längliche Gestalt der Zellen war mit dem Uebergang zur Ruhe genau kugelförmig geworden; die Farbe des Inhalts dieser ruhenden Zellen, anfangs noch grün, gieng hierauf allmählig in eine licht gelbbraune über, wobei sich eine Menge kleiner, scharfumschriebener glänzender Kügelchen im Innern bildeten, die ganz das Ansehen von Oeltröpfchen hatten. In diesem gänzlich veränderten Zustande verharrte nun die Chlamidomonade, weder ein weiteres Wachsthum, noch eine Vermehrung zeigend. Zu Ende des Monats Mai liess ich, in der Hoffnung eine erneute Entwicklung zu veranlassen, die Schüssel austrocknen, allein es war vergeblich; es zeigte sich auch jetzt, nachdem ich ungefähr 4 Wochen später wieder Wasser übergegossen hatte, keine bemerkliche Veränderung. Ich liess nun die Masse abermals eintrocknen und brachte sie erst in der Mitte des Decembers wieder ins Wasser, worauf gegen Ende December und im Laufe des Januars sich wirklich wieder schwärmende Chlamidomonaden zeigten. Sämmtliche ruhende Kugeln hatten

---

Sandsteinbrüche am Lorettoberg bei Freiburg in ungeheurer Menge im Monat März, zuweilen bei milder Witterung schon im Januar oder Februar. Die Schwärmzellen sind kleiner, als bei der vorigen, $^1/_{120}$ bis $^1/_{60}$ Mill. lang, eiförmig, lichter grün, gleichfalls ohne rothen Punkt, die Haut im Alter deutlicher. Vermehrung durch doppelte, seltener durch einfache Zweitheilung, im ersteren Falle mit decussirter Anordnung. Microgonidienbildung habe ich auch bei dieser Art gesehen, die ruhenden Zustände dagegen noch nicht genau beobachtet.

Digitized by Google

unterdessen ihre Farbe noch etwas verändert, indem sie licht röthlich erschienen; auch die ersten Schwärmer, welche sich durch Zwei- oder Viertheilung des Inhalts der ruhenden Kugeln bildeten und durch Zerreissung der derben Haut derselben geboren wurden, zeigten anfangs eine röthliche oder grünröthliche Farbe, welche erst allmählig wieder in die rein grüne übergieng, wobei denn auch die Oeltröpfchen wieder verschwunden waren. Nur ein kleiner Theil der ruhenden Zellen kam übrigens bei dieser Zimmercultur zu solcher Entwicklung; andere theilten sich ohne Verlust der röthlichen Farbe in gruppenweise zusammenhängende ruhend-vegetirende Zellen in ähnlicher Weise, wie ich es von Chlamidococcus beschrieben habe; noch andere blieben bis zum Frühjahr unverändert, zu welcher Zeit ich die Beobachtungen jedoch nicht weiter fortsetzte. Aehnliche Ruhezustände, wie wir sie hier an Chlamidococcus und Chlamidomonas betrachtet haben, werden sich durch künftige Beobachtungen ohne Zweifel auch für den Winterschlaf der Volvocinen ergeben.

Fassen wir die bisher betrachteten Auflösungserscheinungen, an welche die Verjüngungen im Zellenleben geknüpft sind, zusammen, so ergiebt sich, dass die Entwicklung und Fortpflanzung des vegetabilischen Organismus nicht in einer blossen Reihe von Bildungsprozessen besteht, sondern dass auch Entbildungsprozesse als nothwendige Mittelglieder im Gang derselben eintreten. Die Pflanze unterscheidet sich jedoch in dieser Beziehung wesentlich vom Thier: während im Stoffwechsel des thierischen Organismus Bildung und Entbildung gleichzeitig ineinandergreifen, in demselben Momente auflösend und neugestaltend; sind in der Pflanze beide mehr geschieden, in periodischem Wechsel sich ablösend. Im Pflanzenreich, wie im Thierreich, sind die stickstoffhaltigen Substanzen (das Protein und die ihm verwandten Stoffe) die vorzugsweisen Träger und aktiven Vermittler der Lebensthätigkeit *), während

*) Alle jugendlichen, in der ersten Entwicklung begriffenen Pflanzentheile enthalten nach Payen vorherrschend stickstoffhaltige Substanzen.

Digitized by Google

die stickstofffreien kohlenstoffreichen Substanzen eine mehr passive Rolle im Organismus spielen, einerseits schützend, anderseits aber auch die Lebensthätigkeit beschränkend, beengend, einschläfernd, ja selbst erstickend. Der thierische Organismus befreit sich von dem Uebermaass der kohlenstoffreichen Substanzen, welche er grossentheils schon gebildet mit der Nahrung empfängt, durch den ununterbrochenen Athmungsprozess, in welchem dieselben fortwährend mit Hülfe des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs zerstört (verbrannt) und in Gasform ausgeschieden werden. In anderer Weise verhält sich die Pflanze; sie scheidet zwar auch die im inneren Organismus der Zelle gebildeten kohlenstoffreichen Substanzen aus dem Zellsafte wieder aus, aber sie zerstört sie nicht, sondern setzt sie theils als organisches Gebilde an der Grenze des Zellenorganismus ab (Zellhautbildung aus Cellulose und verwandten Stoffen, Gelin, Amyloid, Flechtenstärke), theils scheidet sie dieselben im Inneren der Zelle selbst als kugelige, oft geschichtete Massen (Amylon und Inulin) oder in Tropfenform (fette Oele) ab. Besonders charakteristisch in dieser Beziehung ist für die Pflanze die Bildung der Cellulosehaut*), durch welche die Zellbildung der Pflanze, bei aller Mannigfaltigkeit der Ausbildungsweise, doch stets die ihr eigenthümliche Abgeschlossenheit und Selbstständigkeit bewahrt. Dieses kohlenstoffreiche Zellgerüste ist es, welchem der ganze Pflanzenbau seine äussere und innere Bindung und Festigkeit verdankt, welches aber auch Ursache der allmähligen Erstarrung der Gebilde, der relativen Bewegungslosigkeit ist, welche den Pflanzenbau dem innerlich und äusserlich bewegteren thierischen Organismus gegenüber auszeichnet. Es ist merkwürdig, dass die auffallendsten unter allen äusseren Bewegungserscheinungen der Pflanze, die Schwärmbewegungen der Gonidien

---

*) Aus Cellulose gebildete Zellhäute sind im Thierreich bis jetzt bloss in der sackförmigen Hülle der Ascidien gefunden worden. Vergl. Schmidt, zur vergleichenden Physiologie der wirbellosen Thiere (1845); Löwig et Kölliker, de la composition et de la structure des enveloppes des Tuniciers (Ann. des sc. nat. 1846. p. 193).

Digitized by Google

und Spermatozoidien, solchen Zellen zukommen, welchen die Cellulosebekleidung noch fehlt, oder welche sie niemals erhalten. So wird also das Leben der Pflanze durch den vegetativen Bildungsprozess selbst gefesselt; die fortwährende Ausscheidung der Cellulose und die dadurch bedingte Verdickung der Zellwände hemmen mehr und mehr den Verkehr nach aussen, so wie die Anhäufung kohlenstoffreicher Absätze im Zellinhalt die innere Bewegung. So muss endlich alle lebendige Thätigkeit zum Stillstand kommen, wenn nicht diesem einsargenden und erstickenden Bildungsprozesse gegenüber ein entgegengesetzter, wieder lösender und befreiender Prozess eintritt. Eben diesen haben wir im Vorhergehenden zu betrachten gesucht; wir sahen ihn zur bestimmten Zeit eintreten in denjenigen Theilen, welche zur Fortführung oder Wiederholung der Entwicklung bestimmt sind, vorausgegangene Bildungen zerstörend und erneuter Bildung Raum schaffend, den alten Ausbildungsgang mehr oder weniger unterbrechend und oft neue Wendungen des Lebens herbeiführend. Wir sahen, dass die feste Zellhaut wieder erweicht, zersprengt oder verflüssigt wurde; wir sahen das Amylon sich auflösen, die fetten Oele verschwinden. Allein der wichtigste Vorgang bei diesem Entbildungsprozesse ist nicht bloss eine Verflüssigung des Festgewordenen, nicht bloss eine Umwandlung der durch den Bildungsprozess abgeschiedenen Stoffe zu neuem Bildungsmaterial (z. B. der Stärke in Dextrin und Zucker), sondern, wenigstens theilweise, eine wirkliche Zerstörung (Verbrennung) der im Uebermaass vorhandenen kohlenstoffreichen Substanzen, ähnlich wie sie bei der thierischen Athmung stattfindet. Es ist bekannt, dass beim Keimen mehliger Samen, so wie beim Auswachsen mehliger Knollen zur Umwandlung der Stärke in Zucker eine reichliche Ausscheidung von Kohlensäure sich gesellt, die, mit merklicher Wärmeentwicklung verbunden, in einer Zersetzung des Zuckers ihren Grund hat; es ist bekannt, dass Dickrüben und Carotten zur Zeit der Blüthenentwicklung, welche von reichlicher Kohlensäureausscheidung begleitet ist, ihren Zuckergehalt verlieren; es ist ferner durch Saussure's Versuche bekannt, dass die inneren Blüthentheile, in deren zartem Gewebe

Digitized by Google

der Bildungsprozess die geringste Menge kohlenstoffreicher Substanzen absetzt, unter allen Theilen der Pflanze am reichlichsten Sauerstoff aus der Athmosphäre aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden; dass sich unter diesen wieder vorzugsweise die Antheren auszeichnen, in welchen mit der Ausbildung des Blüthenstaubs bedeutende Auflösungsprozesse im Gewebe verbunden sind. In den Nektarien wird selbst unzersetzter Zucker ausgeschieden. Kohlensäureausscheidung begleitet ohne Zweifel alle Auflösungs- und Umgestaltungsprozesse der Pflanze. Die Beobachtung der niederen Gewächse verspricht auch in dieser Beziehung noch manche Ausbeute. Bei Hydrodictyon sah ich die im Vorbereitungsstadium zur Gonidienbildung befindlichen Zellen (in welchen die Amylonkugeln bereits verschwunden waren) Gasbläschen in ungewöhnlicher Menge ausscheiden, deren chemische Prüfung ich aber versäumt habe, die jedoch ohne Zweifel aus Kohlensäure bestanden, da sie schon am frühsten Morgen und später am Tage bei trübem Himmel bemerkbar waren, und da gleichzeitig andere, noch vegetirende Netze eine solche Gasentwicklung nicht zeigten.

Die Betrachtung der Auflösungs- und Zerstörungsprozesse, welche wir an bestimmten Wendepunkten des Pflanzenlebens die neue Bildung einleiten sehen, und welche sämmtlich durch Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung bezeichnet sind, führen uns zur Vergleichung des nächtlichen Athmungsverhaltens der Pflanze, in welchem wir, nach den darüber bekannten Thatsachen, gleichfalls nichts Anderes, als eine periodische Unterbrechung des täglichen Bildungsprozesses durch einen, wenn auch weniger tief eingreifenden, Entbildungs- und Entkohlungsprozess erblicken können. Eine bemerkliche Auflösung von Zellhäuten, Amylonkörnern u. s. w. ist dabei freilich nicht zu beobachten, aber eine Unterbrechung in der Ablagerung dieser Gebilde, wahrscheinlich durch einen eintretenden Verbrennungsprozess des noch im Zellsaft aufgelösten Materials, aus welchem sie entstehen, findet ohne Zweifel statt. Es ist wohl nicht allzugewagt, wenn man mit dieser täglichen Periodicität des Zellenlebens die schichtweise Ablagerung der Zellhaut,

Digitized by Google

so wie die concentrisch-geschichtete Structur der Amylonkörner in Beziehung setzt. Die grosse Zahl der Schichten, welche die Zellhaut selbst bei Pflanzen von kurzer Lebensdauer (Hydrodictyon, Cladophora, Botrydium) bei gehöriger Behandlung unterscheiden lässt, ist der Annahme nicht entgegen, dass diese Schichten Tagesschichten sind, wobei übrigens daran zu denken ist, dass helle und trübe Tage, so wie das Alter der Zelle und andere Umstände bedeutende Modificationen in Beziehung auf die Bildung unterscheidbarer Schichten bewirken werden. Auch Jahresringe, oder besser Jahresschichten, lassen sich bei Zellen von mehrjähriger Lebensdauer ohne Zweifel nachweisen. Vielleicht darf man das von Mohl*) beschriebene Schichtungsverhältniss in der Wand der Bastzellen, z. B. von Cocos und Calamus, welches die eigenthümliche Erscheinung zeigt, dass die starken und wenig zahlreichen Schichten, welche durch verdünnte Schwefelsäure sich von einander ablösen, aus einer äusseren breiteren weicheren und einer inneren schmäleren festeren Lage bestehen, der Beschaffenheit der Jahresringe im Holzkörper der Dicotyledonen vergleichen, bei welchen, der umgekehrten Bildungsfolge entsprechend, jeder Jahresring eine innere breitere lockere und eine äussere schmälere dichtere Hälfte zeigt. In den untersten, vorjährigen Stengelgliedern der perennirenden Chara ceratophylla fand ich die im Ganzen $^1/_{16}$ Mill. dicke Zellhaut sehr deutlich aus zwei fast gleichdicken Abtheilungen gebildet, während die dünnere Zellhaut der jährigen Stengelglieder eine solche Abtheilung nicht zeigte. Jede der zwei Abtheilungen liess ungefähr 10 untergeordnete Schichten unterscheiden, welche aber wahrscheinlich selbst noch von zusammengesetzter Natur waren. Die Uebereinstimmung des nächtlichen Athmungsprozesses der Pflanzen mit den Auflösungserscheinungen, durch welche wir den Uebergang zu entschiedenen Neubildungen sich vorbereiten sahen, findet eine Bestätigung durch die Zeit, in welcher die letzteren einzutreten pflegen. Die Beobachtung der Algen hat uns in dieser

*) Bot. Zeit. 1844. p. 309. t. II. f. 8. 25. 26.

Digitized by Google

Beziehung interessante Thatsachen an die Hand gegeben. Schon Trentepohl*) beobachtete, dass die Anschwellung der Spitzen (die Vorbereitung zur Bildung der Keimzelle) bei Vaucheria clavata besonders des Nachts, der Austritt der beweglichen Keimzelle selbst aber am darauffolgenden Morgen erfolge. Unger**) bestätigt dasselbe, indem er es als eine auffallende Erscheinung bezeichnet, dass die meisten Entbindungen der Vaucheria zwischen 8 und 9 Uhr Morgens statt finden. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich bei anderen Algen nach der Angabe von Thuret***) und Fresenius†); ich selbst habe mich bei allen grünen Algen mit beweglichen Gonidien, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, davon überzeugt, dass die Vorbereitung zur Keimzellenbildung, insbesondere das meist mit derselben verbundene Verschwinden der Amylonkörner, in der Nacht beginnt und meistens auch in einer Nacht soweit fortschreitet, dass mit dem nächsten Morgen die Bildung der Keimzellen zur Vollendung kommen und die Geburt eintreten kann. Beispielsweise führe ich zunächst wieder das Wassernetz (Hydrodictyon) an. Der Grund, warum die Bildungsweise der neuen Netze in den Zellen des alten bisher so selten und ungenau ††) beobachtet wurde, liegt ohne Zweifel eben in der Zeit des Eintretens dieses Vorgangs. Bringt man einzelne ausgebildete Netze dieser Pflanze oder auch blosse Bruchstücke von Netzen in flache Schalen mit Wasser, so kann man fast mit Sicherheit darauf rechnen, dass am nächsten oder doch am zweiten Morgen darauf wenigstens in einigen der alten Zellen bereits vollkommen gebildete junge

---

*) Nach Meyen, neues System der Pflanzenphysiol. III. p. 430.

**) Die Pflanze im Momente der Thierwerdung p. 27.

***) „C'est surtout le matin qu'on trouve le plus grand nombre de spores de Conferves en mouvement" Thuret, sur les organes locomoteurs des spores des Algues (Ann. des sc. nat. 1843 p. 268).

†) Zur Controverse über die Verwandlung der Infusorien in Algen p. IV.

††) Die neuste Abhandlung über diesen Gegenstand von Morren (Mem. de l'Acad. roy. de Bruxelles XIV. (1841) bietet ein fast unbegreifliches Gewebe von Irrthümern.

Digitized by Google

Netze sich finden, und zwar in Zellen, welche am Tage vorher durchaus noch keine Veränderung zeigten *). Will man aber die Entstehung dieser jungen Netze sehen, so darf man die frühsten Morgenstunden nicht versäumen, denn die nach vollendeter Bildung eintretende zitternde Bewegung und endliche netzbildende Verknüpfung der Keimzellen (vergl. p. 146) findet kurz nach Sonnenaufgang, im hohen Sommer zwischen 4 und 5 Uhr Morgens, zu Ende des Sommers zwischen 6 und 8 Uhr; nur in trüben Herbsttagen, in welchen jedoch die Bildung neuer Netze selten mehr eintritt, zuweilen noch bis 10 Uhr Vormittags statt. Das Ausschwärmen der Microgonidien von Hydrodictyon tritt stets etwas später am Tage ein, als die Netzbildung, im Sommer gewöhnlich zwischen 7 und 9 Uhr, im Herbst zwischen 10 und 2 Uhr. Da das Schwärmen mehrere Stunden lang andauert, so kann man oft noch spät am Nachmittag (zuweilen bis 5 Uhr Abends) bewegliche Zustände beobachten **). Die allmähligen Veränderungen, welche in dem zur Fructification sich anschickenden Wassernetze vor sich gehen, um den Inhalt der ausgebildeten vegetativen Zelle in Tausende von Keimzellen umzubilden, müssen in der Nacht beobachtet werden; doch kommt es zuweilen vor, dass einzelne Zellen im Laufe der Nacht in der auflösenden Vorbereitung nicht soweit vorschreiten, dass der Lichteinfluss des Morgens die neue

---

*) In tieferen Wassergefässen tritt die Fortpflanzung minder rasch ein, was sich wohl durch die verminderte Berührung mit der Luft, insbesondere mit dem zum Auflösungsprozesse nöthigen Sauerstoff, erklärt.

**) In Beziehung auf das Verhältniss des Vorkommens der ausschwärmenden Microgonidien zu den netzbildenden Macrogonidien bemerke ich noch, dass dasselbe zum Theil von äusseren Umständen abzuhängen scheint. An manchen Tagen sah ich bloss Netzbildung, an anderen beides, Netzbildung und Schwärmer, endlich wieder an anderen, und zwar namentlich an trüben und schwühlen Tagen, Schwärmerbildung in ungewöhnlicher Menge ohne alle Netzbildung. Es ist sonderbar, dass die Schwärmerbildung, welche im Ganzen häufiger ist, als die Bildung neuer Netze, von früheren Beobachtern nicht häufiger bemerkt wurde. Treviranus hat sie gesehen, aber ihren Ursprung nicht beobachtet (Beiträge zur Physiol. 1811. p. 81).

Digitized by Google

Bildung vollenden kann; solche Zellen zeigen dann die früheren, sonst im Laufe der Nacht schnell überschrittenen Vorbereitungszustände besonders deutlich, indem sie den Tag über ohne bemerkliche Veränderung verharren um in der zweiten Nacht die Vorbereitung zu vollenden und am zweiten Morgen die Keimzellen zur Reife zu bringen.

Als ein zweites Beispiel hebe ich Ulothrix zonata hervor, einen in den Gebirgsbächen des Schwarzwaldes häufigen, in der Dreisam auch in die Ebene herabsteigenden Wasserfaden, dessen Wachsthumsweise und Gonidienbildung wir bereits früher (p. 158. 170) betrachtet haben. Bringt man in den Morgenstunden ein Büschelchen von dieser Alge unter das Microscop, so gewahrt man Fäden von zweifachem Aussehen: die einen (noch vegetirenden) mit wandständigem, die Enden der Zellen mehr oder weniger freilassendem Inhalt vom klarsten lieblichen Grün, in welchem kaum bemerkbare punktartige Körnchen, einige kleine Amylonkugeln und ein grösserer, schwer sichtbarer, gleichfalls wandständiger Zellkern sich befinden; die anderen (im Zustand der Fructification befindlichen) von etwas torulosem Ansehen und mit concentrirterem, dunklerem, in 4, 8 oder 16 Massen (Gonidien) getheiltem Inhalte. Die Uebergänge von der einen Bildung zur anderen, nämlich Fäden mit dunkler und trüber grünem, aber noch nicht getheiltem Inhalt, in welchem die feinen Körnchen stärker entwickelt, die Amylonkugeln aber verschwunden oder nur noch die kleineren Kerne derselben sichtbar sind, findet man nur selten, indem diese Uebergangsstadien gewöhnlich in der Nacht überschritten und die Gonidienbildung schon am frühen Morgen beendigt wird. Geburt und Schwärmen der Gonidien, welches letztere meist über eine Stunde lang andauert, kann man den ganzen Vormittag beobachten. Bis zum Nachmittag sind gewöhnlich alle reifen Zellen entleert; die etwa noch nicht entleerten kommen nicht mehr zur Entwicklung. Einmal sah ich jedoch auch noch des Abends zwischen 6 und 7 Uhr die Geburt beweglicher Gonidien eintreten; es war an einem sehr trüben und regnerischen Julitage, an welchem sich das Wetter zwischen 5 und 6 Uhr plötzlich aufgehellt hatte.

Digitized by Google

Aehnliche Erfahrungen habe ich an vielen anderen Süsswasseralgen gemacht, z. B. an Draparnaldia mutabilis, bei welcher ich die Geburt der beweglichen Gonidien im März von Morgens 8 Uhr, im Mai von Morgens 6 Uhr an, das Schwärmen derselben bis längstens 11 Uhr Vormittags beobachtete. Bei Stigeoclonium protensum (?) fand Geburt und Bewegung der Gonidien im Mai zwischen 6 und 10 Uhr Morgens statt; bei Chaetophora tuberculata im August zwischen 8 Uhr und 2 Uhr; bei Ascidium acuminatum im Juli von Morgens 6 Uhr bis Mittags 3 Uhr und selbst noch länger, doch nie bis zur Dämmerung. Auch die Oedogonien entlassen ihre grossen Gonidien gewöhnlich Vormittags, im Sommer und bei hellem Wetter früher, im Winter*) und bei trübem Wetter später. Da das Schwärmen der Gonidien bei dieser Gattung mehrere Stunden lang andauert, so kann man es oft noch Nachmittags wahrnehmen. Auch bei Chlamidococcus pluvialis tritt sowohl die Geburt der ersten Gonidiengeneration, als die Erzeugung der folgenden Generationen durch Theilung der vorausgehenden, nach vorhergegangener nächtlicher Vorbereitung, des Morgens ein, und ebenso verhält es sich mit der Bildung neuer Familien bei den Volvocinen, z. B. bei Pandorina elegans. Was wir hier in Beziehung auf die Zeit der Gonidienbildung der Algen gesehen haben, das gilt auch von der vegetativen Vermehrung der Zellen derselben. So hat Focke**) beobachtet, dass die Theilung der Euastren am frühen Morgen beginnt und bis zum Abend soweit vollendet ist, dass die sich bildenden Ergänzungshälften bis zum Abend ihre vollständige Form und Grösse erlangt haben. Dieselbe Erfahrung habe ich in Beziehung auf die ersten Anfänge der Theilung der Zellen bei Spirogyra gemacht. Lange wollte es mir nicht glücken, dieselben zu

---

*) Oedogonium fonticola, das in den Trögen laufender Brunnen den ganzen Winter über vegetirt und gerade in dieser Jahreszeit die längsten Fäden entwickelt, zeigt auch im Winter, wenn es ins Zimmer gebracht wird, Gonidienbildung.

**) Physiologische Studien (1847) p. 47. t. II. f. 5. 4. 1.

Digitized by Google

finden, ob sich gleich kürzlich getheilte Zellen sehr häufig zeigten. Erst als ich die frühsten Morgenstunden zur Beobachtung wählte und zuletzt noch das Mittel ergriff, Exemplare vor Sonnenaufgang in Weingeist zu legen, um sie später ruhig untersuchen zu können, war es mir möglich den Theilungsprozess der Zellen bei dieser Gattung vollständig zu ermitteln. Ich werde denselben im nächsten Abschnitte unserer Betrachtung beschreiben.

Alle diese Beobachtungen geben das gemeinsame Resultat, dass die Auflösungs- und Entbildungsvorgänge, die bedeutenderen, wie die geringeren, unter Einfluss bestimmter Wärmegrade*), bei Nacht eintreten, während sie auf der andern Seite die Erfahrung bestätigen, dass der Einfluss des Lichts die Gestaltungsvorgänge, Stoffbildung sowohl, als Formbildung**) der Pflanze hervorruft. Es knüpfen sich an diese Erfahrungen eine Menge bekannter Erscheinungen im grossen Verjüngungsgange der Pflanzenwelt an. Es ist bekannt, dass das aus dem Winterschlafe erwachende Pflanzenleben vor Allem warme, trübe und feuchte Tage, insbesondere warme Frühlingsregen verlangt, um die winterlichen Nahrungsvorräthe zur Auflösung zu bringen, damit der Lichteinfluss der wachsenden Tage seine neugestaltende Kraft üben kann; ebenso sind die Wirkungen des nordischen Sommers bekannt, welcher manche Pflanzen rascher zu Blüthe nnd Frucht bringt, als unser gemässigtes Klima. Es ist der durch die langen Tage vermehrte Lichteinfluss, welcher eine raschere Entwicklung aller Gestaltungsverhältnisse, einen abgekürzten Gang der Metamorphose bewirkt, ebenso wie wir auf höheren Bergen die Pflanzen

---

*) Auch hierüber werden sich bei Algen genauere Beobachtungen anstellen lassen. Das schnelle Eintreten der Gonidienbildung bei ins Zimmer gebrachten Algen hängt ohne Zweifel mit der im Zimmer in niederem Grade eintretenden Abkühlung der Temperatur während der Nacht zusammen.

**) Vergl. die auf der vorigen Seite angeführte Erfahrung an Euastrum. Die bedeutenden Formveränderungen, welche die neugeborenen Zellen von Pediastrum im Laufe des ersten Tages und, nach eingetretenem nächtlichem Stillstand, abermals am zweiten Tage erleiden, werde ich im Anhang näher beschreiben.

Digitized by Google

durch minder üppige Entwicklung der vegetativen Vorstufen in schnellerem Schritte zur Blüthe und Frucht fortschreiten, daher auch manche Pflanzen auf den Bergen früher zur Blüthe gelangen sehen, als im Thal und in der Ebene, wie diess z. B. bei der gemeinen Haide (Calluna vulgaris) und dem Einblatt (Parnassia palustris)*) der Fall ist. In den Aequatorialgegenden aber, wo sich die Jahreszeiten gleichsam durchdringen zu einem ununterbrochenen Frühling, wo sich, bei gleicher Länge von Tag und Nacht, die intensivste Wirkung des Lichts (durch den hohen Stand der Sonne und die Durchsichtigkeit der Luft) mit der grössten Wärme und Feuchtigkeit verbindet, wo also die Bedingungen der beiden Seiten des vegetabilischen Verjüngungsprozesses, der Auflösung und der Neubildung, das ganze Jahr über in hohem und gleichem Maasse vereinigt sind, da sehen wir auch die üppigste Entwicklung der Pflanzenwelt in Stock, Blüthe und Fruchtbildung, deren in anderen Zonen mehr geschiedene Epochen des Grünens, Blühens und Reifens hier aufs innigste ineinandergeflochten sind.

3) Neubildung der Zelle.

Durch den Auflösungs- und Entbildungsprozess in den Zellen, den wir zuletzt betrachtet haben, wird ein erneuter Bildungsprozess vorbereitet; je schwächer und unmerklicher der Auflösungsprozess ist, um so mehr wird die Neubildung als blosse Fortbildung erscheinen; je stärker und durchgreifender er eintritt, um so entschiedener wird die Neubildung als solche hervortreten, wie diess am meisten bei der Bildung der Fortpflanzungszellen der Fall ist. Alle Bildung neuer Zellen ist daher nichts Anderes, als ein Verjüngungsprozess der Zelle, bald ein totaler, indem der ganze Zellinhalt sich umgestaltet, bald ein partieller, indem nur ein Theil des Zellinhaltes in

*) Parnassia palustris blüht in höheren Gebirgsgegenden des Schwarzwaldes, z. B. auf dem Schauinsland und am Feldberg, an Orten, welche über 3000′ hoch liegen, schon in der Mitte des Juni, während sie in den Niederungen erst in der Mitte oder zu Ende des Juli ihre Blüthezeit beginnt.

Digitized by Google

neue Zellbildung übergeht. Ist mit der Umgestaltung des ganzen Zellinhaltes zugleich eine Theilung desselben verbunden, so tritt gleichfalls eine Vervielfältigung der Zellen ein, welche die Gewebebildung der Pflanze begründet, wenn die Zellen sich verbinden, die Vermehrung der Individuen, wenn sie sich trennen. Die verschiedenen Arten der Entstehung neuer Zellen, welche bei der ersten Beobachtung so verschieden und unvereinbar schienen, vereinigen sich zuletzt alle als nur gradweise verschiedene Fälle eines im Wesentlichen gleichen Vorganges, der Neugestaltung des Zellinhaltes. Eine Entstehung von Zellen ausserhalb, zwischen oder an der Aussenfläche schon vorhandener Zellen, wie sie früher von Mirbel angenommen wurde, hat sich nicht bewährt; die vegetative Ausbildung, so wie die Fortpflanzung der Gewächse zeigt uns nichts Anderes als Bildung neuer Zellen durch Umbildung vorausgehender *). Man hat diess eine Fortpflanzung der Zellen genannt, wobei jedoch zu bemerken ist, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle der ganze Inhalt, d. i. der ganze aktiv lebendige Organismus der Zelle direkt in die neue Bildung übergeht, so dass von der alten Zelle (der Mutterzelle) nichts unverwandelt zurückbleibt, als die passive Haut. Die Tochterzellen sind alsdann nicht als von der Mutterzelle erzeugte Junge, die gleichzeitig mit ihr bestehen, von ihr ernährt werden und in ihr allmählig sich entwickeln, sondern als die verjüngte und umgewandelte Mutterzelle selbst zu betrachten**). Diess ist am augenfälligsten in solchen Fällen, wo der ganze

*) Wie sich die in vieler Beziehung noch räthselhafte Bildung der Hefezellen (der ersten Zellen der Gährungspilze) und andere analoge Fälle von sogenannter generatio spontanea zur Zellbildung im normalen Entwicklungs- und Fortpflanzungsgange der Gewächse verhalten, mögen fortgesetzte Untersuchungen entscheiden. Vergl. Schleiden, Grundzüge, 2. Aufl., I. p. 205. t 1. f. 9. und Karsten, über Urzeugung (bot. Zeit. 1848. p. 457).

**) Auf die entgegengesetzte Ansicht von Karsten (de cella vitali 1844) kann ich hier nicht ausführlich eingehen, bemerke jedoch, dass ihr meine Erfahrungen, wenigstens soweit sie die normale Zellbildung betreffen, durchaus widersprechen.

Digitized by Google

und ungetheilte Zellinhalt sich von der Mutterzellhaut ablöst und, in veränderter Weise sich gestaltend, zur neuen Zelle wird, wie diess z. B. bei der Gonidien- und Sporenbildung von Oedogonium, Bulbochaete etc. und bei der Bildung der Pollenzellen in ihren Specialmutterzellen *) der Fall ist. Die ganze Vorstellung von der Bildung neuer Zellen (Tochterzellen) in alten (Mutterzellen), so wie sie sich seit Schleiden **) ausgebildet hat, bedarf daher überhaupt noch einer Erläuterung, indem dieselbe von der sogenannten freien Zellbildung, auf welche sie allein vollkommen passt, auch auf die weit häufigere Zellbildung durch Theilung ausgedehnt wurde, wodurch ein Sprachgebrauch entstand, auf dessen Doppelsinnigkeit ich hier aufmerksam machen muss. Es ist ein Missstand, dass man mit dem Worte Zelle bald die Zelle mit Haut, bald die Zelle ohne Haut, bald die Haut ohne Zelle bezeichnet. Da der Inhalt der Zelle der wesentliche Theil derselben ist (vergl. p. 165), da er schon vor der Absonderung der (Cellulose-)Haut ein abgeschlossenes Ganze bildet (p. 166 — 178), das seine eigene, ihm wesentlich zugehörige hautartige Begrenzung (den Primordialschlauch) besitzt (p. 180 — 185), so muss man, wenn man die Bezeichnung Zelle nicht bloss auf die umhüllende Wand oder Kammer anwenden und den Inhaltskörper mit einem anderen Namen benennen will, gerade diesen Inhaltskörper als die eigentliche Zelle bezeichnen. In diesem Sinne das Wort Zelle angewendet, so kann man in der grossen Mehrzahl der Fälle nicht sagen, dass die neuen Zellen sich in den alten, sondern bloss dass sie sich aus den alten bilden, denn selbst der Primordialschlauch geht bei der Fortpflanzung der Zellen durch Theilung mit in die Theilung ein. Wenn also in solchen Fällen dennoch von Bildung der Tochterzellen in den Mutterzellen,

*) Nach Hofmeister (über die Entwicklung des Pollen's, bot. Zeit. 1848. p. 431) bleibt selbst der Zellkern bei diesem Uebergang derselbe.

**) „Der Prozess der Fortpflanzung der Zellen durch Bildung neuer Zellen in ihrem Innern ist allgemeines Gesetz für die Pflanzenwelt", Schleiden, Grundz., 2. Aufl. I. p. 305.

Digitized by Google

von dem Ausschlupfen der Tochterzellen aus den Mutterzellen, von der Auflösung und Resorption der Mutterzellen u. s. w. gesprochen wird, so kann man diess bloss als bequemere abgekürzte Redeweise gelten lassen, indem hier „Mutterzelle" anstatt mütterlicher Zellhaut gebraucht wird. Endlich giebt es aber sogar Fälle, auf welche selbst in diesem missbräuchlichen Sinne der Ausdruck, dass die Tochterzellen sich in den Mutterzellen bilden, nicht anwendbar ist; es sind diess die schon früher (p. 170) erwähnten Fälle von Theilung solcher Zellen, die noch gar keine Cellulosehaut besitzen, wie wir sie unzweifelhaft bei den transitorischen Zellgenerationen, durch welche die Gonidienbildung vieler Algen (Ulothrix, Characium, Pediastrum, Cystococcus, Chlamidococcus etc.) vermittelt wird, eintreten sehen.

Nach diesen Vorbemerkungen will ich es versuchen die verschiedenen Arten der Neubildung der Zelle in eine zusammenhängende Uebersicht zu bringen, mit den Fällen totaler Umbildung des Inhalts beginnend.

A. Neubildung ohne Theilung der Zelle. Dabei bleibt der Charakter der verjüngten Zelle entweder im Wesentlichen der gleiche, so dass die wiederholte Neubildung bloss als eine in periodischer Verjüngung fortschreitende Ausbildung der Zelle erscheint, wie diess bei der Ausbildung aller vegetativen Zellen mehr oder weniger deutlich der Fall ist; oder der Charakter der verjüngten Zelle wird ein anderer, die vorher vegetative Zelle bekommt eine reproduktive Bestimmung, wobei sie sich in ihrer erneuten Bildung von der früher gebildeten Hülle befreit. In diesem Falle wird die verjüngte Zelle als eine neue betrachtet, wiewohl sie, abgesehen von der unwesentlichen Haut, welche sie ablegt, in Beziehung auf ihren wesentlichen Theil, den Inhaltskörper, ebenso wie im ersten Falle noch die alte Zelle ist, nur in umgewandelter Gestalt. Dass diese beiden Fälle nicht so wesentlich verschieden sind, wie es auf den ersten Anschein aussieht, werden die anzuführenden Mittelstufen zeigen. Wir unterscheiden demnach:

Digitized by Google

sondert, die primäre (später innere) Haut der Pollenzelle bildet. Nach der Verschiedenheit des Verhaltens der neuen Zelle zu den Mutterzellhäuten lassen sich folgende Fälle aufführen:

a. Die neue Zelle schlupft aus der Mutterzellhaut aus. So das bewegliche Gonidium von Vaucheria, Oedogonium, Bulbochaete, Draparnaldia, Stigeoclonium, Chaetophora, Coleochaete (vergl. p. 195); das unbewegliche Gonidium von Chantransia (p. 196); die Spore der Fucoideen (p. 196).

b. Die neue Zelle schält die Mutterzellhaut ab. So die aus der Spore sich entwickelnde keimende Zelle der Moose und Farne, welche eine blosse Incrustationshaut ablegen; der Zygnemaceen, welche eine mehrfache Sporenhaut durchbrechen (p. 192).

c. Die neue Zelle legt die Mutterzellhaut ab durch Spaltung derselben in sich abwickelnde Spiralfäden. So die Spore von Equisetum (p. 192).

d. Die neue Zelle wird durch allmählige Auflösung und Resorption der Mutterzellhäute frei. So die Pollenzelle der Phanerogamen und die Vierlingssporen der Florideen, Moose, Lebermoose und Farne, soweit sie wirklich in Specialmutterzellen entstehen. Bei der Moosgattung Archidium, welche unter allen Moosen die grössten, aber am wenigsten zahlreichen Sporen erzeugt, scheinen sich nach Schimper's*) Darstellung die Sporen einzeln in den primären Mutterzellen zu bilden und durch Resorption der letzteren frei zu werden.

B. Neubildung mit Theilung der Zelle in zwei Tochterzellen. Es wiederholt sich hier ganz dieselbe Verschiedenheit, wie wir sie bei der Neubildnng ohne Theilung gesehen haben; einerseits Beibehaltung des früheren Charakters (wenigstens im Wesentlichen) und damit in Verbindung gewöhnlich innige Anschliessung der neugebildeten Zellen an die Reste der Mutterzelle;

*) Recherches sur les Mousses p. 77. t. 7. f. 1 — 6. Die Kapsel von Archidium enthält nach Schimper 18 — 20 Sporen von 1/5 Mill. Durchmesser.

Digitized by Google

anderseits entschiedene Umänderung des Charakters, meist verbunden mit Befreiung von den Häuten der Mutterzelle. Der erstere Fall bezeichnet wieder die mit der Entwicklungsgeschichte des vegetativen Gewebes verbundenen Theilungen, der letztere dagegen den Uebergang zur Bildung von Fructificationszellen. Die eintretende Theilung abgerechnet ist die Analogie mit den Erscheinungen der Neubildung der Zelle ohne Theilung vollkommen. So verhalten sich z. B. die Membranen der durch Theilung entstandenen Tochterzellen, wenn diese den Charakter der Mutterzelle beibehalten, zur Haut der Mutterzelle, der sie sich gleich in ihrer Entstehung anschliessen, vollkommen wie die Verdickungsschichten der Zellhaut bei nicht eintretender Theilung, so dass man mit demselben Rechte, mit welchem man in dem einen Falle von einer Einschachtelung je zweier Tochterzellen in einer Mutterzelle spricht, in dem anderen von einer Einschachtelung je einer Tochterzelle in einer Mutterzelle sprechen könnte. In vielen Fällen ist es auch völlig gleichgültig für den Entwicklungsprozess der Pflanze, ob eine solche Theilung der Zelle eintritt oder nicht. Man vergleiche als Beispiel die von H. v. Mohl*) gegebene Darstellung einiger Oberhautzellen von Viscum album, welche ebensowohl die Unwesentlichkeit einzelner Zelltheilungen, als das übereinstimmende Verhalten der Membranschichten der durch Theilung entstandenen neuen Zellen mit den gleichzeitigen Verdickungsschichten der ungetheilten Zellen zur Anschauung zu bringen geeignet ist. Ebenso ist es bei der Bildung von Fortpflanzungszellen oft gleichgültig, ob der Inhalt der Mutterzelle ungetheilt sich zur Spore oder zum Gonidium umgestaltet, oder ob er sich dabei in zwei Zellen theilt. So bilden sich bei Coleochaete scutata statt einem Gonidium zuweilen (durch Theilung des Inhalts) 2 Gonidien in einer Mutterzelle; bei Aphanochaete repens (p. 196) schien mir manchmal umgekehrt statt 2 Gonidien (durch nicht eintretende Theilung) nur eines vorhanden; bei Stigeoclonium kommt ausser der gewöhnlichen

---

*) Ueber die Cuticula von Viscum album (bot. Zeit. 1849. p. 593. t. IX. f. 5).

Digitized by Google

Gonidienbildung eine Microgonidienbildung vor, bei welcher statt **einem** mehrere Gonidien in einer Mutterzelle sich bilden (vergl. p. 148).

Welche bedeutende, ja allgemeine Ausdehnung das Vorkommen der Theilung, und zwar gerade der Zweitheilung der Zellen, in der Entwicklung des Gewebes des vegetabilischen Organismus besitzt, darüber sind die zuverlässigsten neueren Phytotomen, namentlich **Mohl**, **Nägeli**, **Unger**, **Hofmeister**, einig, wenn sie auch in der Auffassungsweise des Theilungsprozesses selbst unter sich nicht ganz übereinstimmen*); selbst **Schleiden**, der von der Beobachtung der Zellbildung im Embryosack der Phanerogamen (der Bildung der Endospermzellen) ausgehend, die freie Zellbildung früher für die allgemein-gültige ansah (Grundz. erste Aufl. p. 195), räumt später der Zellbildung durch Theilung, auf **Nägeli's** Untersuchungen sich stützend, ein bestimmtes, wiewohl viel zu eng begrenztes, Gebiet ein (Grundz. zweite Aufl. p. 201). In der vegetativen Entwicklung der **Algen** ist mir keine andere Zellbildungsweise vorgekommen, so dass ich Kützing vollkommen

---

*) Man vergleiche folgende Stellen: „In Folge dieser Untersuchungen bin ich zu dem Schlusse gelangt, dass alle vegetative Zellbildung eine **wandständige Zellbildung** "(= Zelltheilung)„ sei". **Nägeli** (Zeitschr. 1847. p. 49). „Was vorerst die vegetative Zellbildung betrifft, so glaube ich mich berechtigt, zufolge umfassender Untersuchungen an Algen, Pilzen, Florideen, Moosen, Charen, an den Gefässcryptogamen und an den Phanerogamen, als allgemeines Gesetz aussprechen zu dürfen, dass hier immer 2 Tochterzellen in einer Mutterzelle entstehen, oder mit anderen Worten, dass eine Zelle sich in 2 theilt" (ebendas. p. 66). „Durch Zwischenwandbildung" (= Zelltheilung) „wächst also der Leib der Pflanze, durch Zwischenwandbildung nimmt die Masse der organischen Elemente, der Zellen u. s. w. zu. Da jede Pflanze aus einer einfachen Zelle hervorgeht, ihr Wachsthum der Wesenheit nach nur Theilung und theilweise Trennung (Individualisrung) des ursprünglich **Einen** ist, so darf man sich nicht wundern, dass ungeachtet der Vervielfältigung der Einen Zelle doch immerfort ein Zusammenhang ihrer Theile sowohl intensiv als extensiv statt findet". **Unger** (über merismatische Zellbildung 1844). Man vergleiche auch **Hofmeister**, die Entstehung des Embryo der Phanerog. p. 1 (Anmerkung) und p. 61.

Digitized by Google

beistimmen muss, wenn er (Phyc. gen. p. 60) ausspricht: „die Entstehung des Tanggewebes durch Theilung ist allgemein". Aber noch mehr, auch die Fortpflanzungszellen sehr zahlreicher Algen werden durch Theilung gebildet, wovon ich nachher Beispiele anführen will. Bei den Characeen, mit deren Entwicklungsgeschichte ich mich seit Jahren beschäftigt habe, werden alle Zellen, nicht bloss des vegetativen Gewebes, sondern auch diejenigen, aus welchen das Autheridium und die in ihm enthaltenen gegliederten Fäden bestehen, endlich sogar die Spore, durch Zelltheilung gebildet.

Die Art und Weise, in welcher der Theilungsprozess der Zellen vor sich geht, ist auf verschiedene Weise dargestellt worden. Während Unger*) die Theilung des Zellinhalts durch Entstehung eines Dissepiments (einer Zwischenwand) erklärt, lässt Nägeli**), das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Hautbildung und Inhalt richtiger auffassend, umgekehrt die Bildung der Scheidewand von dem schon vorher in zwei Theile gesonderten Inhalte ausgehen, wobei Hofmeister***) noch besonders auf den die beiden Theile schon vor der Entstehung des Cellulosedissepiments begrenzenden und abschliessenden Primordialschlauch aufmerksam macht. Die Scheidewand bildet sich nach dieser Darstellung dadurch, dass die zwei sich individualisirenden Inhaltsparthien, in welche der Inhalt der Mutterzelle sich theilt, und welche nach ihrer gesonderten Constituirung an ihrer ganzen Oberfläche Cellulose ausscheiden, sich mit ihren zugekehrten Flächen berühren, wodurch natürlich auch die an diesen Berührungsflächen gebildeten Celluloselagen sich verbinden und so eine scheinbar einfache Scheidewand bilden, die aber der Entstehung nach aus 2 Platten besteht, welche in ununterbrochenem Zusammenhange stehen mit den anderen Theilen der neuen Cellulosebekleidung, welche die der Mutterzellwand zugewendeten Seiten der Zelle überziehen.

*) Ueber merismatische Zellbildung. 1844.

**) Zeitschr. 1844. p. 73 u. f. 1847. p. 51 u. f.

***) Die Entstehung des Embryo der Phanerog. p. 1; über die Entwicklung des Pollens (bot. Zeit. 1848) p. 655.

Digitized by Google

In Beziehung auf die bei der Bildung der Zellen durch Theilung des ganzen Inhalts von Anfang an bestehende innige Berührung der Tochterzellen mit der ganzen Innenfläche der Mutterzellwand bezeichnet Nägeli die Bildung der Zellen durch Theilung als „wandständige Zellbildung". Die Bildung der Scheidewand betrachtet er, unter der Voraussetzung, dass ihrer Bildung die vollendete Theilung des Inhaltes vorausgehe, stets als eine in ihrer ganzen Erstreckung gleichzeitige. Im Widerspruch mit dieser letzten Behauptung beschreibt Mohl*) an Wasserfäden, namentlich an Conferva (Cladophora) glomerata, eine durch allmählige Einschnürung des Zellinhaltes vor sich gehende Zelltheilung, bei welcher die Bildung der neuen Zellhautschichte schon vor Vollendung der Theilung an der Oberfläche des ganzen Primordialschlauches beginnt und, indem sie sich auch in die Falte hineinzieht, welche der Primordialschlauch an der Einschnürungsstelle bildet, eine allmählig von der Peripherie nach dem Centrum hin fortschreitende Dissepiment-Bildung bedingt. An einem anderen Orte **), wo Mohl die Bildung der Zellen in jungen Stamm- und Wurzelspitzen und in der Cambiumschichte der Dicotyledoneen beschreibt, äussert er die Vermuthung, dass die von ihm an Conferven beobachtete Theilung der Zellen ein von der Zellvermehrung bei den höheren Gewächsen gänzlich verschiedener Vorgang sei, indem in den sich auf diese Weise theilenden Zellen keine Zellkerne zu finden seien, welche dagegen bei der Zellbildung der Phanerogamen eine wesentliche Rolle spielten; auch habe er bei der Vermehrung der Zellen der Phanerogamen nie eine allmählige Einschnürung des Primordialschlauchs beobachten können. Wenn ich es versuche diesen schwierigen Punkt seiner Lösung näher zu bringen, so bemerke ich zunächst, dass der wesentliche Theil der Aufgabe

*) Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung, Dissertation vom Jahr 1835, umgearbeitet in den vermischten Schriften desselben Verfassers (1845) p. 362.

**) Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle (bot. Zeit. 1844) p. 289. 291.

Digitized by Google

nicht sowohl die Frage ist, ob die Celluloseschcidewand sich in allmähligem Fortschreiten nach dem Centrum oder in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig bildet, sondern die Frage, ob der Zellinhalt sich durch allmählige ringförmige Einschnürung (mit Einfaltung des Primordialschlauches), oder durch gleichzeitige Sonderung nach der ganzen Durchschnittsfläche (mit Bildung zweier neuen, sich berührenden Primordialschlauchflächen) theilt. Die nachfolgende Bildung der Scheidewand könnte auch im ersten Falle eine in der ganzen Ausdehnung gleichzeitige sein, wenn nämlich die Membranbildung auf der ganzen Oberfläche des Primordialschlauchs erst nach vollendeter Theilung einträte; so wie umgekehrt die Bildung der Scheidewand auch im zweiten Falle eine ringförmig-fortschreitende sein könnte, wenn nämlich die Membranabsonderung auf der neugebildeten Platte des Primordialschlauchs nicht auf der ganzen Fläche gleichzeitig, sondern in der Peripherie früher als im Centrum einträte. Es ist nun zunächst, ungeachtet der Einwendungen von Nägeli, unzweifelhaft, dass die von Mohl gegebene Beschreibung der durch allmählige Einschnürung des Inhalts eintretenden Zelltheilung bei Cladophora der Wirklichkeit entspricht. Ich habe diesen Vorgang bei grösseren Spirogyra-Arten so vollständig und deutlich gesehen, dass auch nicht der mindeste Zweifel an der wirklichen Existenz der in allmähligem Fortschritt von der Peripherie nach der Mitte sich vollziehenden Theilung bleiben konnte *). Die Beobachtung an Spirogyra ist um so wichtiger, als bei dieser Gattung ein Zellkern vorhanden ist, dem eine ebenso wichtige Rolle bei der Theilung zukommt, als diess bei der Theilung der jugendlichen Zellen der Phanerogamen der Fall ist. Demnach fällt der hauptsächlichste Grund, welchen Mohl zu Gunsten der gänzlichen Verschiedenheit dieser beiden Zellbildungsweisen angeführt hat, weg, so dass man wohl versuchen darf den Unterschied des gewöhnlichen, durch die vorhergehende Bildung neuer Zellkerne und die plötzlich zwischen denselben erscheinende Theilungs-

*) Vergleiche die nachfolgende Beschreibung.

Digitized by Google

linie sich charakterisirenden Zellbildungsprozesses von der Theilung durch allmählige Einschnürung aus der grösseren oder geringeren Schnelligkeit eines im Wesentlichen ähnlichen Vorganges zu erklären und auch die erstere als eine successiv sich abschliessende Theilung zu betrachten, nur mit so raschem Verlauf, dass die Uebergangsstadien sich der Beobachtung entziehen. Gegen eine solche Annahme kann zwar von der andern Seite die Analogie des Vorgangs der Zelltheilung, wie er in den jugendlichen Geweben stattfindet, mit der freien Zellbildung eingewendet werden. In beiden wird die neue Zellbildung in ähnlicher Weise durch die Bildung des Zellkerns eingeleitet, und wenn sich bei der freien Zellbildung eine bestimmte, um den kurz vorher gebildeten Zellkern befindliche Inhaltsmasse ringsum gleichzeitig (soweit wenigstens die Beobachtung reicht) begrenzt und abschliesst, so sollte der Analogie nach auch bei der Zelltheilung, bei welcher der ganze Zellinhalt sich in zwei die neugebildeten Zellkerne umgebende Massen sondert, jede dieser Inhaltsmassen ihre Peripherie, soweit sie nicht schon vorher bestimmt ist, also ihre Berührungsfläche mit der anderen, in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig zur Abgrenzung und Ausbildung bringen. Die Schärfe des Unterschieds in der Auffassung der gewöhnlichen Zelltheilung, je nachdem man sie mit der Einschnürungstheilung der Confervenzellen, oder mit der freien Zellbildung in Einklang zu bringen sucht, mildert sich einigermaassen, wenn man erwägt, dass auch der Vorgang, den wir als Einschnürung bezeichnet haben, keineswegs ein bloss mechanischer Einfaltungsprozess, sondern vielmehr ein in Form eines ringförmig eindringenden Schnittes fortschreitender Grenzbildungsprozess ist, dass auch in diesem Falle der äusseren Theilung die innere, zunächst sich in der Bildung zweier neuer Zellkerne aussprechende Theilung vorausgeht, wie diess wenigstens bei Spirogyra sich nachweisen lässt. Die Frage ist also wesentlich die, in welchen Fällen der Zellbildung sich die Ausbildung der Grenze nach allen Seiten und in allen Theilen gleichzeitig vollzieht, in welchen dagegen allmählig und nach bestimmten Gesetzen fortschreitend. Hierin nun, diess ist

Digitized by Google

meine Ueberzeugung, wird sich in der Natur eine weit grössere Mannigfaltigkeit herausstellen, als wir bisher geahnt haben. Wie die Zelle in ihrer späteren Ausbildung bald ein allseitiges, bald ein einseitiges, bald ein doppelseitiges oder auf noch complicirtere Weise in verschiedener Intensität gesetzmässig vertheiltes Wachsthum zeigt, so giebt es wohl auch in der ersten Ausbildung der Zellgrenze schon mannigfaltige Fälle gesetzmässigen Fortschreitens. So kommt unzweifelhaft bei den niederen Gewächsen eine von einem Ende der Zelle nach dem anderen fortschreitende Theilung vor. Bei Chlamidococcus pluvialis, bei welchem die Theilung der Zelle in den späteren beweglichen Generationen oft schon vor dem Aufhören der Bewegung beginnt (vergl. p. 222), habe ich sehr häufig die Theilung ganz allmählig von dem hinteren Ende gegen das vordere, noch flimmertragende, fortschreiten sehen. Ein einseitiges Fortschreiten der Theilung von dem oberen Ende der Zelle nach dem unteren (welches dem flimmertragenden schwärmender Gonidien entspricht) möchte ich auch bei den Diatomaceen mit fächerförmigen Zellen und dichotomischen Stielen (Gomphonema etc.), so wie bei den Palmellaceen mit zarten, vom inneren Zellkörper ausgehenden Stielen (Dictyosphaerium Näg.) vermuthen. Was nun die gewöhnliche, scheinbar auf der ganzen Fläche gleichzeitig erfolgende Zelltheilung betrifft, so fragt es sich, ob hiebei der Primordialschlauch der Mutterzelle (analog dem Zellkern derselben) gänzlich aufgelöst und neugebildet wird, oder nicht. Für das erstere, eine gänzliche Auflösung und Neubildung des Primordialschlauchs, scheinen mir, wenigstens bei der gewöhnlichen vegetativen Zelltheilung, keine hinreichenden Gründe zu sprechen; findet aber eine gänzliche Auflösung des Primordialschlauchs nicht statt, sondern bloss eine Aufhebung der Continuität desselben in der Peripherie der Theilungsebene, so erscheint mir die Annahme einer Ergänzung des Primordialschlauchs für jede der beiden Tochterzellen durch eine von dem schon gebildeten Theile ausgehende und fortschreitende Bildungsbewegung, welche durch die Beobachtung bei Cladophora und Spirogyra nachgewiesen ist, auch für die scheinbar simultane Theilung

Digitized by Google

nicht unwahrscheinlich. Der hauptsächliche Unterschied zwischen diesen beiden Fällen hängt offenbar von dem Alterszustand der Zelle, in welchem die Theilung eintritt, ab. Es giebt Zellen, welche niemals alt werden, sondern schon in der frühsten Lebenszeit durch Theilung ihre Existenz wieder aufgeben oder vielmehr in einer neuen Generation fortsetzen, bis endlich in einer letzten, sich nicht mehr theilenden, das Alter erreicht wird. So verhält es sich mit den Zellen der jugendlichen Gewebe der höheren Gewächse, welche, oft kaum gebildet, noch klein und dünnwandig, mit verhältnissmässig grossem Zellkern und reichlichem dickflüssigem Inhalt versehen, sich schon wieder theilen. Solchen Zellen, welche den jugendlichen Charakter noch nicht verloren haben, gehört die scheinbar simultane Zelltheilung an. Hofmeister*) macht ausdrücklich darauf aufmerksam, dass diese Art der Zelltheilung überall da statt habe, wo das Volumen der Mutterzelle den Umfang der Kerne der neu zu bildenden Tochterzellen nicht um ein sehr Bedeutendes (mindestens etwa das Sechzehnfache) übersteigt. Auf der andern Seite giebt es (wahrscheinlich nur auf den untersten Stufen des Pflanzenreichs) Zellen, von denen man sagen kann, dass sie nie jung waren, indem sie schon bei der ersten Entstehung die Charaktere alter Zellen, z. B. einen im Verhältniss zu ihrer oft bedeutenden Grösse sehr kleinen (zuweilen vielleicht selbst ganz fehlenden) Zellkern, eine grosse mit wässriger Flüssigkeit gefüllte Höhle im Inneren, wandständige Vertheilung des consistenten Theiles des Inhalts, ausgebildete Amylonkörner u. s. w. zeigen. Solchen altgeborenen Zellen gehört die allmählig fortschreitende Theilungsvermehrung zu, wie sie von Mohl beschrieben worden ist.

1. Neubildung mit Theilung in zwei Tochterzellen im Gebiet der vegetativen Zellbildung.

a. Zweitheilung durch deutliche allmählige Einschnürung. Altzellentheilung. Die Primordialschläuche der Tochterzellen schliessen

*) Die Entstehung des Embr. der Phanerog. p. 1.

Digitized by Google

sich durch einen allmählig von der Peripherie nach dem Centrum fortschreitenden Bildungsprozess ab; die Bildung der neuen Zellhaut beginnt vor Beendigung dieses Abschlusses, die Scheidewand bildet sich daher in Form einer allmählig an Breite zunehmenden, zuletzt in der Mitte sich vereinigenden ringförmigen Leiste (oder eigentlich Doppelplatte).

α. Ohne Zellkern? Hieher gehört die Zelltheilung der Cladophoren, bei welchen wenigstens bis jetzt noch kein Zellkern aufgefunden worden ist; sie ist, wie bereits angeführt wurde, von H. v. Mohl*) an Cl. glomerata ausführlich beschrieben worden.

β. Mit Zellkern. Meine hierüber anzuführenden Beobachtungen sind an Spirogyra nitida und jugalis gemacht, welche beide wahrscheinlich Formen einer und derselben Art sind, die erstere von $1/_{11}$ — $1/_{10}$, die letztere von ungefähr $1/_{8}$ Mill. Dicke. Die Lage und Beschaffenheit des Zellkerns der Spirogyren ist bekannt; derselbe tritt besonders scharf und deutlich durch Anwendung von Weingeist hervor, wobei er jedoch durch die Zusammenziehung und theilweise Zerreissung der ihn im Lumen der Zelle befestigenden strahligen Schleimfäden gewöhnlich seine ursprünglich centrale Lage verliert und nach der Seite gezogen wird. Vor Anwendung von Weingeist hat er ein homogenes Ansehen und die Grenze zwischen seinem Körper und der umgebenden, in die strahligen Fäden auslaufenden Schleimhülle ist schwer

*) Vermischte Schriften p. 362. t. XIII. In Beziehung auf die in Fig. 5 mit b, in Fig. 14 mit c. bezeichnete vielschichtige Haut erlaube ich mir die Bemerkung, dass dieselbe p. 365 mit Unrecht als eine zusammenhängende röhrige Hülle aller Zellen, gleichsam als eine colossale verästelte Zelle dargestellt wird. Eine solche allgemeine Hülle bildet bloss der in den genannten Figuren mit a. (Fig. 5) und d. (Fig. 14) bezeichnete gallertartige schlüpfrige Ueberzug; die vielschichtige Haut dagegen bildet ein sehr complicirtes Einschachtelungssystem, indem sie mit ihrer innersten Lage nur 2 Zellen, mit der zweitinnersten 3 Zellen, und sofort nach aussen eine immer grössere Zahl von Zellen umfasst. Durch die weitere Beschreibung, namentlich p. 368 und 369, wird übrigens die zuerst ausgesprochene Behauptung von Mohl selbst zum Theil berichtigt.

Digitized by Google

zu sehen; durch Anwendung von Weingeist wird der Umriss deutlich und das Innere erhält ein körnig-punktirtes Ansehen; auch das grosse, nie fehlende Kernchen erscheint im Innern punktirt. Der Zellkern ist in Beziehung auf die Längenachse der Zelle etwas linsenförmig zusammengedrückt, sein grösserer Durchmesser beträgt bei Sp. nitida im Mittel ungefähr $1/_{33}$, der des Kernchens $1/_{150}$ Mill. Die Grösse beider nimmt übrigens mit der Ausbildung etwas zu und ist am bedeutendsten kurz vor der eintretenden Theilung der Zelle, wo seine linsenförmig-verkürzte Gestalt sich zugleich etwas verlängert. Ob nun eine Theilung des Zellkerns vor sich geht oder eine Auflösung desselben, welcher die Bildung zweier neuer Zellkerne folgt, und wie sich bei dieser Verdoppelung die Kernchen verhalten, habe ich nicht vollständig ausmitteln können. Es erscheinen nämlich bei bevorstehender Theilung der Zelle an der Stelle des früheren Zellkerns zwei neue Zellkerne, bedeutend kleiner als der frühere und mit verhältnissmässigen Kernchen versehen. Die zwei neuen Zellkerne berühren sich anfangs, doch sah ich sie nie platt aneinanderliegend, als ob sie durch Theilung entstanden wären, sondern stets mit gewölbten Flächen. Der Umstand, dass diese beiden neuen Zellkerne von einer gemeinsamen reichlichen Schleimhülle umgeben sind, wie sie vorher nicht vorhanden war, scheint mir eher für eine Auflösung des früheren Zellkerns zu sprechen, als für eine Theilung desselben. Gleichzeitig mit der Erscheinung der zwei neuen Zellkerne sieht man auf der Oberfläche des Zellinhalts eine äusserst zarte Linie, welche die nun auch in der Peripherie beginnende Theilung andeutet; diese Linie ist jedoch anfangs so zart, dass man bei Einstellung des Focus auf den Rand der Zelle durchaus noch keine Einfurchung oder Einschnürung des Primordialschlauches wahrnehmen kann, so wie denn auch die spiraligen Chlorophyllbänder, deren bei Sp. nitida meist drei vorhanden sind, um diese Zeit einen noch völlig ungestörten Verlauf haben. Die beiden Kerne weichen nun allmählig auseinander, wobei die sie immer noch umhüllende und verbindende Schleimmasse sich in die Länge zieht und endlich zwischen beiden in längs-

Digitized by Google

laufende Schleimstränge sich auflöst; in der Mitte zwischen beiden bleibt dabei oft eine Anhäufung schleimig-körniger Masse zurück. Gleichzeitig mit dem Auseinanderrücken der neuen Zellkerne schreitet auch die von der Peripherie ausgehende Theilung fort, und zwar nicht als eine gröbliche Einschnürung oder Faltung, sondern in Form eines äusserst feinen, immer tiefer in das Lumen der Zelle eindringenden Einschnittes mit scharfen, bis dicht an die Mutterzellhaut reichenden, nicht abgerundeten oder durch einen ringförmigen Intercellulargang getrennten Rändern der Schnittfläche. In Fällen, in welchen der Abstand beider Kerne das Ein- bis Zweifache ihres kürzeren Durchmessers betrug, erstreckte sich die von der Peripherie eindringende Scheidung kaum auf den sechsten Theil des Durchmessers vom Querschnitt der Zelle; bei einer Entfernung der Kerne um das Vierfache ihres Durchmessers fand ich sie schon bis zu $^2/_5$ vorgedrungen, so dass die noch offene Verbindungsstelle der zwei Tochterzellen auf $^1/_5$ des ursprünglichen Durchmessers beschränkt war. Den Vorgang dieser allmählig einschneidenden Scheidung der Tochterzellen kann man wohl nicht anders erklären, als durch einen allmählig fortschreitenden Bildungsprozess zweier die Tochterzellen nach und nach abschliessender Primordialschlauchplatten, ausgehend von einer im Primordialschlauch der Mutterzelle eingetretenen ringförmigen Begrenzungslinie und fortschreitend nach dem Centrum der Berührungsfläche beider Tochterzellen. Bewirkt man durch Einfluss von Säuren eine Zusammenziehung des Primordialschlauchs und Ablösung desselben von der Zellhaut, so weichen bei Zellen, deren Theilung noch nicht vollendet ist, auch die Wände des Einschnitts auseinander, so dass der vom Primordialschlauch umschlossene Inhaltskörper solcher Zellen in der Mitte durch eine weitgeöffnete Furche, je nach dem Grade der Theilung mehr oder weniger tief, eingeschnürt erscheint. Durch dieses Mittel überzeugt man sich auch, dass di Ausscheidung der Cellulose in dem Einschnitt des Primordialschlauchs schon vor Beendigung der Theilung beginnt, dass also die Scheidewand anfänglich eine ringförmige, die Mitte noch nicht erreichende Leiste bildet. Ich konnte

Digitized by Google

den Anfang derselben schon in Fällen, in welchen der Einschnitt erst $^1/_6$ des Durchmessers einnahm, erkennen. So ausserordentlich dünn und zart die Scheidewand in ihren ersten Anfängen ist, so löst sie sich doch vollständig von den Wänden des auseinanderweichenden Einschnitts des Primordialschlauchs ab und erscheint als eine der Zellwand rechtwinkelig und ohne Intercellulargang aufsitzende, in der Tiefe des Einschnitts ins Unkenntliche sich verdünnende Leiste. Dass der Inhalt der beiden Tochterzellen in diesen Uebergangsstadien nicht bloss scheinbar (etwa durch Festkleben beider Theile an einer in der Mitte verdünnten Scheidewand), sondern wirklich in direkter Verbindung steht, geht nicht bloss aus dem bereits beschriebenen Zusammenhang der beiden Zellkerne durch die schleimige, sich in Fäden ausziehende Verbindungsmasse derselben, sondern auch aus dem Verhalten der spiraligen Chlorophyllbänder unzweifelhaft hervor. Sobald der peripherische Einschnitt eine unterscheidbare Tiefe erreicht hat, tritt in dem regelmässigen Verlauf dieser Bänder eine Störung ein; dieselben werden nämlich an der Uebergangsstelle mit Gewalt ins Innere der Zelle hineingedrängt, wobei sie sich in einiger Entfernung des Einschnitts von dem Primordialschlauche ablösen. Je mehr sie sich nach dem Centrum der Zelle hereinbiegen, um so mehr verdünnen sie sich an der Uebergangsstelle, bis endlich der Zusammenhang gelöst wird. Ich konnte ihren ununterbrochenen Verlauf aus der einen Zelle in die andere noch deutlich verfolgen in Fällen, in welchen die Stärke des Isthmus kaum $^1/_4$ der Dicke der Zellen betrug. Nach Vollendung der Theilung st die Lage des Zellkerns noch einige Zeit eine excentrische, der neugebildeten Wand genäherte; bald jedoch rückt derselbe nach der Mitte der Zelle vor, indem zugleich die von ihm ausstrahlenden Schleimfäden, welche anfangs in grösserer Zahl und Stärke nach der neugebildeten Scheidewand gerichtet waren, sich zuletzt hauptsächlich nach den Seitenwänden der Zelle richten. Dass die Lageveränderung des Zellkerns durch ein wirkliches Wandern und nicht etwa durch ein einseitiges Ergänzungswachsthum der Zelle (nach Art der Desmidiaceen) bewerkstelligt wird, beweiset die unmerkliche

Digitized by Google

Längenzunahme der Zelle während dieses raschverlaufenden Vorgangs. Man findet desshalb auch in neugebildeten Zellen, deren Länge die Hälfte der Mutterzellen noch kaum übertrifft, die Kerne gewöhnlich schon wieder in ihrer charakteristischen centralen Lage, wie in den älteren längeren Zellen. Haben die Zellen durch Verdoppelung ihrer Länge die normale Grösse erreicht, so wiederholt sich der Theilungsprozess, bis endlich die Fructification eintritt. Bemerkbare Auflösungserscheinungen, als Vorbereitung der Zellen zur Theilung, finden, abgesehen von den den Kern betreffenden Vorgängen, nicht statt; namentlich nimmt man an den grünen Bändern und den in denselben befindlichen Amylonkörnern keine Veränderung wahr. In Beziehung auf die Zellhaut, namentlich das Verhältniss der verschiedenen Schichten derselben zur Generationsfolge der Zellen, habe ich noch Einiges anzufügen. Man unterscheidet bei den grösseren Spirogyren deutlich eine doppelte Haut, eine äussere, welche alle Zellen des Fadens gemeinsam umhüllt, und welche ich als Ueberhaut (Cuticula) bezeichnen will, und eine innere, die eigentliche Zellhaut, welche, oberflächlich betrachtet, bloss den einzelnen Zellen anzugehören scheint, in Wirklichkeit aber ein sehr complicirtes Einschachtelungssystem darstellt. Zwischen der äusseren und inneren Haut lässt sich zuweilen noch eine durch dunklere Färbung sich auszeichnende Hautschichte wahrnehmen, welche jedoch weder eine einfache, noch eine besondere Haut ist, sondern dem Schichtensysteme der inneren Haut angehört. Die Ueberhaut ist bei Sp. nitida und jugalis sehr dünn, höchstens $\frac{1}{900}$ Mill. dick, durchsichtiger als die eigentliche Zellhaut, von der sie sich auch durch ihr Verhalten gegen Säuren und Kalilösung unterscheidet, indem sie nicht aufquillt. Auf der Oberfläche zeigt sie sehr zahlreiche, unordentlich zerstreute, scharfumschriebene, kreisförmige helle Punkte von kaum $\frac{1}{1200}$ M. Durchmesser, welche in der Durchschnittsansicht der Ueberhaut als dieselbe quer durchsetzende Streifen erscheinen. Deutlicher als bei den oben genannten Arten sieht man diese Streifen bei Sp. lubrica, deren $\frac{1}{150}$ M. dicke Ueberhaut die Zellhaut an Dicke weit übertrifft. Bei Anwendung von Jod-

Digitized by Google

tinktur färben sich die angeführten Streifen braun, während die Masse der Ueberhaut ungefärbt bleibt, was sie ebenso, wie ihr ganzes Ansehen, als Kanälchen erscheinen lässt, welche die Ueberhaut senkrecht durchbohren. Ueber die Entstehungsweise der Ueberhaut fehlt es an Beobachtungen, doch möchte ich sie eher für eine Incrustationshaut, als für die primäre Zellhaut der ersten Zelle des Fadens halten. Der complicirte Bau der eigentlichen Zellhaut wird erst durch längere Einwirkung von Kaliauflösung erkennbar, wodurch die ungefähr $1/_{400}$ M. starke Haut fast zur dreifachen Dicke aufquillt und nun wenigstens die Hauptabtheilungen, aus welchen sie zusammengesetzt ist, deutlich unterscheiden lässt. Sie besteht nämlich, von innen nach aussen betrachtet, aus einer Schichtenfolge von Blättern, von denen das innerste nur eine Zelle, das zweite 2 Zellen, das dritte 4 Zellen, das vierte 8 Zellen u. s. w. umkleidet. Die erste und zweite Abtheilung von innen lassen sich am deutlichsten unterscheiden und, je nach dem Alter der Zellen, ist auch die eine oder die andere von diesen beiden unter allen die dickste; je weiter nach aussen um so dünner und ununterscheidbarer werden die Blätter, so dass man gewöhnlich nur 4 Abtheilungen unterscheiden kann, von denen aber die äusserste (natürlich nur bei alten, aus zahlreichen Zellen bestehenden Fäden) als aus mehreren zusammengesetzt betrachtet werden muss. Diese verschiedenen Schichten sind die Häute ebensovieler verschiedener ineinandergeschachtelter Zellen. Nur die innerste Schichte bildet die besondere Zellhaut der einzelnen, gegenwärtig vegetirenden Zelle; sie zeigt zur Zeit der völligen Ausbildung der Zelle unter allen die beträchtlichste Dicke. Die zweite Schichte nach aussen ist die Haut der nächstvorausgehenden Mutterzelle; sie umschliesst daher zwei Zellen und ist durch die Ausdehnung, welche sie während der Zeit des Wachsthums der Tochterzellen erleiden musste, verdünnt worden, so dass sie nur ungefähr die halbe Dicke der ausgebildeten Tochterzellhaut besitzt. Die dritte Schichte ist die Zellhaut der zweitvorausgehenden Mutterzelle (der Grossmutterzelle); sie umschliesst 4 Zellen und hat ungefähr die halbe Dicke der zweiten u. s. w.

Digitized by Google

Bei der zunehmenden Ausdehnung und entsprechenden Verdünnung, welche die Zellhäute der in der Generationsfolge weiter zurückliegenden Mutterzellen erleiden, ist es begreiflich, dass dieselben als besondere Schichten immer weniger unterscheidbar werden und zuletzt ganz verschwinden müssen. Jede solche Schicht oder vielmehr besondere Zellhaut ist nun aber selbst wieder aus zahlreichen, während der Lebenszeit der einzelnen Zelle successiv gebildeten, äusserst feinen Lamellen zusammengesetzt, was man jedoch nur an den inneren dickeren Schichten und hier nur höchst undeutlich wahrnehmen kann. Im innigsten Zusammenhang mit diesem Einschachtelungssysteme der Zellhäute steht auch die Beschaffenheit der Scheidewände. Zwischen zwei Schwesterzellen besteht die Scheidewand aus der blossen Fortsetzung der innersten (der einzelnen Zelle eigenthümlichen) Zellhaut, deutlich in diese übergehend und während des Wachsthums der Zelle in gleichem Verhältniss mit ihr an Dicke zunehmend. Die Bildung aus 2 Lamellen lässt sich im Zustand der Aufquellung auch an noch sehr dünnen Scheidewänden junger Schwesterzellen erkennen. Ein Intercellulargang in der Peripherie der Scheidewand ist anfangs nicht vorhanden, bildet sich jedoch bei zunehmender Dicke der Scheidewand allmählig aus und befindet sich zwischen der Mutterzellhaut und den zwei die Scheidewand bildenden Tochterzellhäuten. Die Scheidewand zwischen zwei Tochterzellpaaren (zwischen zwei Geschwisterkindzellen) ist von den Tochterzellhäuten und den Mutterzellhäuten, somit aus 4 Blättern, gebildet; der in ihrer Peripherie befindliche Intercellulargang liegt zwischen der Grossmutterzellhaut und den zwei zusammenstossenden Mutterzellhäuten. Die Scheidewand zwischen zwei Doppelpaaren von Geschwisterkindzellen (zwischen zwei Geschwisterkindskindzellen) ist von den Tochterzellhäuten, Mutterzellhäuten und Grossmutterzellhäuten, somit aus 6 Blättern, gebildet; ihr Intercellulargang befindet sich zwischen den zusammenstossenden Grossmutterzellhäuten und der Urgrossmutterzellhaut, welche jedoch (sammt den noch weiter nach aussen liegenden Häuten) so dünn ist, dass es den Anschein hat, als berühre er die Ueberhaut. Alles dieses lässt sich an

Digitized by Google

den grösseren Spirogyra-Arten ganz genau verfolgen, und ich füge schliesslich nur noch bei, dass sämmtliche Abtheilungen der Zellhaut (die Ueberhaut ausgenommen) bei der Behandlung mit Aetzkali am stärksten in der Umgebung der Intercellulargänge aufquellen.

Ein ähnliches allmähliges Fortschreiten der Zelltheilung wird sich ohne Zweifel auch bei anderen, in dieser Beziehung noch nicht genau untersuchten Wasserfäden bewähren. Von besonderem Interesse wäre die Beobachtung des Theilungsvorgangs an Oedogonium und Ulothrix, welche Gattungen einen lateralen Zellkern besitzen. Die Verwandtschaft der Desmidiaceen mit den Zygnemaceen, so wie das bei mehreren Gattungen derselben beobachtete Vorkommen eines centralen Zellkerns, lässt ein dem Vorgang bei Spirogyra entsprechendes Verhalten bei der Theilung derselben vermuthen. Bei den Diatomaceen ist die Anwesenheit eines Zellkerns noch zweifelhaft; der Alterszustand der Zellen, in welchem die Theilung eintritt, lässt jedoch ein allmähliges Fortschreiten der Theilung erwarten. Die meisten Gattungen der zwei zuletzt genannten Familien bieten uns zugleich Beispiele von völliger Trennung der durch Theilung entstandenen Zellen, indem die Mutterzellhäute entweder allmählig verschwinden oder abgeschält werden (vergl. p. 192. 193).

b. Zweitheilung mit (scheinbar?) auf der ganzen Theilungsfläche gleichzeitig eintretender Abgrenzung. Jungzellentheilung. Diess ist die gewöhnliche Bildungsweise der Zellen in jugendlichen, in der Entwicklung begriffenen Theilen der Phanerogamen *), Gefässcryptogamen, Moose **), Characeen, Florideen ***), Fucoideen †).

---

*) Man vergleiche z. B. die Bildungsgeschichte des Samenknöspchens von Orchis in Hofmeister, die Entst. des Embryo der Phanerog. p. 1 — 3. t. I.

**) Nägeli, Zeitschr. 1845. p. 138. t. II. und III.

***) Ebendas. 1845. p. 119. t. I. (Wachsthumsgeschichte von Delesseria Hypoglossum) und 1847. p. 207. t. VI. und VII. (Polysiphonia).

†) Ebendas. 1844. p. 73 u. f.

Digitized by Google

Auch die Bildung der Specialmutterzellen des Pollens der Phanerogamen *) und der Sporen der Cryptogamen, wo sie nämlich durch wiederholte Zweitheilung vor sich geht, gehört hieher; ebenso die Bildung der Zellen im Keimling der Phanerogamen und in manchen Fällen selbst die Bildung der Endospermzellen **). Zahlreiche Beobachtungen über diese Art der Zellbildung stimmen im Wesentlichen in Folgendem überein: Der Zellkern der Mutterzelle wird mehr oder weniger vollständig aufgelöst; an seiner Stelle entstehen, bald genähert, bald unter sich entfernt, zwei neue Zellkerne. Zwischen beiden erscheint plötzlich eine Theilungslinie (eigentlich Theilungsebene), welche eine Scheidung des Zellinhalts in zwei Theile, von denen jeder einen der beiden neuen Kerne einschliesst, anzeigt. Die beiden Inhaltsparthien sind ursprünglich nur durch ihre Primordialschläuche begrenzt, welche sofort an der ganzen Oberfläche eine neue Zellhaut ausscheiden und dadurch an der Berührungsfläche eine Scheidewand zwischen sich bilden. Dass die beiden Tochterzellen schon vor Entstehung der Scheidewand durch Abschliessung ihrer Primordialschläuche völlig getrennt sind, dafür sprechen mehrere Beobachtungen. So hat Mohl***) öfters im Cambium, so wie in Stammspitzen und jungen Blättern verschiedener Pflanzen, zwei Primordialschläuche in einer Zelle beobachtet; Hofmeister stellt einen solchen Fall am Keimling von Leucojum aestivum dar†) und sucht auch bei Beschreibung der Bildung der Specialmutterzellen des Pollens von Passiflora und Pinus††) die der Theilung des Primordialschlauchs erst nachfolgende Bildung der Scheidewand zu zeigen. Was das Verhalten des Zellkerns betrifft, so ist zu

---

*) Nägeli, Entwicklungsgeschichte des Pollens 1842. Hofmeister, über die Entwicklung des Pollens (bot. Zeit. 1848. p. 425 und 649).

**) Hofmeister, die Entstehung des Embryo der Phanerog. 1849. z. B. p. 35. t. XII. (Monotropa); p. 40. t. III. (Bartonia).

***) Bot. Zeit. 1844. p. 290.

†) Hofmeister l. c. t. VI. f 20.

††) Bot. Zeit. 1848 p. 654. 671.

Digitized by Google

bemerken, dass nach den Beobachtungen von Mohl und Nägeli in manchen Fällen die Bildung der zwei neuen Kerne durch Theilung des Mutterzellkerns (ohne Auflösung desselben) stattfinden soll *). Ob in dieser Beziehung wirklich zwei verschiedene Fälle vorkommen, scheint mir noch sehr zweifelhaft, da eine rasche Neubildung der Tochterzellkerne aus der noch angehäuften Masse des in seiner Peripherie aufgelösten Mutterzellkerns leicht für eine Theilung des letzteren angesehen werden kann.

In wiefern nun sowohl die Scheidung der Primordialschläuche, als die Bildung des Dissepiments zwischen beiden, wirklich oder bloss scheinbar eine auf der ganzen Fläche simultane ist, lässt sich nach dem bisherigen Stand der Beobachtungen kaum entscheiden. Nur wenige Beobachtungen sprechen für die letztere Annahme. In einem gewiss hieher, nämlich zur Jungzellentheilung, gehörigen Falle, bei der Bildung der Spaltöffnungszellen (siehe die vorige Anmerkung), behauptet Mohl eine mit Entstehung einer ringförmigen Leiste beginnende Bildung der Scheidewand beobachtet zu haben. Als eine Andeutung, dass auch die Theilung des Primordialschlauchs in der Peripherie beginnt, möchte ich die Bildung des zuerst einfachen, später sich durch

*) Vergl. Nägeli, Zeitschr. 1844. p. 75, wo von Sphacelaria eine der Theilung der Zelle vorhergehende Theilung des centralen Zellkerns der Mutterzelle beschrieben wird, während bei Zonaria Pavonia und Cystoseira der Mutterzellkern verschwinden und statt seiner zwei neue erscheinen sollen. Nägeli beschreibt ferner die Theilung des Kerns in den Zellen der Staubfadenhaare von Tradescantia (Zeitschr. 1844. p. 67. 1847. p. 102), während nach Hofmeister (Entsteh. des Embr. der Phan. p. 8. t. XIV. f. 20—28) die Membran des Mutterzellkerns aufgelöst werden soll, so dass nur die schleimige und nicht mehr scharf begrenzte Inhaltsmasse desselben sich in zwei kugelige Ballen theilt, die zu den neuen Zellkernen werden. Nach Mohl (vermischte Schrift. p. 252) theilt sich bei der Bildung der Spaltöffnungen der Kern der Mutterzelle, um die Kerne für die beiden Grenzzellen der Spaltöffnung zu bilden; nach Nägeli (Linnaea 1842. p. 237) dagegen geht der Bildung der zwei neuen Kerne ein Verschwinden des Mutterzellkerns voraus.

Digitized by Google

eine helle Theilungslinie verdoppelnden Körnergürtels im Aequator der sich zur Theilung vorbereitenden, bereits mit zwei neuen Zellkernen versehenen Mutterzelle des Pollens von Pinus*) betrachten, eine Erscheinung, welche einen zunächst in der Peripherie der Theilungsfläche sich äussernden Conflikt der zwei neugebildeten, sich ihren Umkreis bestimmenden Centra anzuzeigen scheint. Ich werde später eine diesem Körnergürtel analoge Erscheinung in der Bildungsgeschichte der Hydrodictyon-Gonidien anführen.

2. Neubildung mit Theilung in zwei Tochterzellen im Gebiet der Fructification.

a. Die neugebildeten Zellen verbinden sich weder unter sich, noch mit der Mutterzellhaut. Die durch Theilung entstandenen Zellen theilen sich entweder, ohne sich mit Zellhaut bekleidet zu haben, von Neuem (als transitorische Generation), oder sie werden, wenn keine weitere Theilung eintritt, nackt und meist mit Flimmerfäden versehen, durch Zerreissung der Mutterzellhaut geboren. Hieher gehören die Gonidien vieler Algen, deren schon mehrfach Erwähnung geschah. Es bilden sich (durch einfache Theilung des Inhalts) je 2 Gonidien in einer Mutterzelle bei Ulothrix Braunii (vergl. p. 189. 196), Aphanochaete repens (p. 196); je 4, 8, 16, 32 Gonidien, je nachdem die Theilung sich ein- oder mehrmal wiederholt, bei Ulva, Enteromorpha, Ulothrix zonata (p. 196), Characium (p. 197), Chlamidococcus (p. 197. 223 etc.) u. s. w.

b. Die neugebildeten, bei der Geburt unter sich freien (beweglichen) Zellen vereinigen sich nach der Geburt zu einer geordneten Colonie. So bei Pediastrum (p. 197).

c. Die neugebildeten Zellen verbinden sich schon vor der Geburt zu Familien, entweder durch festere Zellhautbildung vereinigt, wie bei Scene-

---

*) Hofmeister, bot. Zeit. 1848. p. 671. t. VI. f. 22—24. Bei Passiflora dagegen erscheint statt des Körnergürtels eine die ganze Trennungsfläche einnehmende Körnerplatte. Vergl. t. VI. f. 8. 9.

Digitized by Google

desmus (Näg. einz. Alg. t. V. A), oder durch Gallertentwicklung zusammengehalten, wie diess bei den Volvocinen der Fall ist.

B*. Neubildung mit Theilung in zwei Zellen, von denen die eine Mutterzelle bleibt, die andere als Tochterzelle sich abgliedert. In den unter B. begriffenen Fällen sind die zwei Zellen, welche durch Theilung der Mutterzelle gebildet werden, entweder in jeder Beziehung gleich, oder, wenn sie unter sich verschieden sind, so nehmen doch beide an dem Verjüngungsprozess, durch welchen sie gebildet werden, einen gleichen Antheil, erscheinen beide in gleichem Maasse in ihrer Neubildung als thätig, wesshalb auch beide in gleichem Sinne als Tochterzellen einer (durch die Theilung untergehenden) Mutterzelle betrachtet werden. Es giebt aber auch Fälle, in welchen die verjüngende Thätigkeit nur, oder doch vorzugsweise in einem bestimmten Theile der Mutterzelle eintritt, welcher sich endlich als neugebildete Tochterzelle von dem anderen, relativ unthätigen, die Eigenschaften der Mutterzelle unverändert beibehaltenden Theile durch Inhaltsabgrenzung und Wandbildung scheidet oder abgliedert. Besonders deutlich spricht sich der Unterschied einer solchen Abgliederung von der gewöhnlichen Theilung da aus, wo das Verhalten der Zellkerne sich beobachten lässt, wie diess in einigen von Hofmeister beschriebenen Beispielen, welche ich nachher anführen will, der Fall ist. Statt der Bildung zweier neuer Zellkerne erscheint nämlich in solchen Fällen in irgend einem (oft als Verlängerung oder Aussackung hervortretenden) Theile der Mutterzelle ein einzelner neuer Zellkern, worauf der den neuen Kern enthaltende Theil der Mutterzelle als besondere Zelle sich abscheidet. Der ursprüngliche Zellkern der Mutterzelle bleibt während dieses Vorganges in unverändertem Bestehen, oder, wenn er schon vor Bildung der Tochterzelle verschwunden ist, so bildet sich während der Abscheidung der letzteren kein neuer Kern in dem als Mutterzelle zurückbleibenden Theile. Nägeli*) und Hofmeister**)

*) Zeitschr. 1847. p. 60. Einzell. Alg. p. 18.

**) Entst. des Embr. der Phanerog. p. 61.

Digitized by Google

haben diese Modification der Zelltheilung mit dem Ausdrucke „Abschnürung“ bezeichnet, eine Benennung, welche jedoch eigentlich nur für diejenigen Fälle passend ist, in welchen die Tochterzelle von der Mutterzelle sich auch äusserlich lostrennt. Die Vermehrung der Zellen durch sich abgliedernde Zweig- oder Sprossbildung gehört gleichfalls hieher.

1. Abgliederung einer Tochterzelle im Gebiete der vegetativen Zellbildung.

a. Die Spitze der Zelle gliedert sich als besondere Zelle ab.

α. Ohne Zellkern? Hieher gehört die Bildung der Mutterzelle des beweglichen Gonidiums, so wie der unbeweglichen Spore von Vaucheria, unter der Voraussetzung, dass bei beiden diese Zelle, ehe ihr Inhalt sich zur Fructificationszelle umgestaltet, eine eigene (an der Bildung der Scheidewand theilnehmende) Haut bildet, dass ihr also überhaupt eine der Fructification vorausgehende, wenn auch kurze, vegetative Existenz zukommt. In dem späteren Verhalten tritt der Unterschied ein, dass das Gonidium seine Mutterzelle durch Ausschlupfen verlässt, während die Spore die Mutterzellhaut mit sich abzureissen scheint. Hieher gehört ferner die Bildung der Fruchtkeule von Saprolegnia. Der Prozess der Spitzenabgliederung kann sich in rückschreitender Ordnung an derselben Zelle mehrmals wiederholen, wie diess nicht selten bei Saprolegnia vorkommt, wenn unterhalb der ersten Fruchtkeule ein zweites und oft drittes Stück der Zelle sich zum Gonidien- oder Sporenbehälter (es kommt beides vor) ausbildet. Oder die Abgliederung wiederholt sich an einer durch Durchwachsung des entleerten Fruchtschlauches reproducirten Spitze, wie diess gleichfalls bei Saprolegnia (namentlich S. ferax s. prolifera) und bei Vaucheria clavata*) vorkommt.

β. Mit Zellkern. Ein ausgezeichnetes Beispiel bietet die von Hofmeister**) beschriebene Entstehung des sackförmigen Anhängsels am

*) Vergl. Unger l. c. Fig. 13.
**) Entst. des Embr. der Phanerog. p. 39. t. II. f. 34 — 40.

Digitized by Google

Keimsack von Bartonia. Das obere Ende des Keimsacks (der Mutterzelle der Keimbläschen und Endospermzellen) bildet, nachdem bereits 3 freie Keimbläschen sich in ihm gebildet haben, eine in den Kanal der Micropyle eindringende Verlängerung, welche, nach vorausgehender Bildung eines Zellkerns, sich von dem Keimsack als besondere Zelle abgliedert. Der primäre Zellkern des Keimsacks wird während dieses Vorgangs in der Regel nicht aufgelöst. Ein anderes Beispiel bietet die erste Theilung der Keimzelle (des Keimbläschens) derselben Pflanze*). Das anfangs rundliche, mit einem Kern versehene Keimbläschen verlängert sich zu einer schlauchförmigen Zelle, wobei der Kern verschwindet. In dem von der Micropyle abgewendeten vorderen Theile der Zelle bildet sich hierauf ein etwas flachgedrückter Zellkern und in Folge davon eine Abscheidung dieses vorderen Endes als besondere Zelle, während in dem grösseren hinteren Theil der Zelle sich kein neuer Zellkern bildet. Auf im Wesentlichen übereinstimmende Weise bildet sich nach Hofmeister**) die zweite Zelle des Vorkeims (so nennt derselbe den ersten zelligen Faden, zu dem sich das Keimbläschen entwickelt) bei Monotropa***), Gagea†), Fritillaria, Martynia, Linum.

b. Ein seitlicher Auswuchs der Zelle (ein Zellenast) gliedert sich als besondere Zelle ab. Auch dieser Vorgang kann sich an derselben Mutterzelle wiederholen, wenn nacheinander mehrere Zweige aus derselben entspringen, wie diess z. B. bei Cladophora glomerata vorkommt. Bald ist es der obere Rand der Zelle, bald der untere, bald die Mitte, woraus die Zweige entspringen; zuweilen auch der obere und untere Rand zugleich, wie diess bereits von Chaetophora und Coleochaete pulvinata (p. 161) angeführt wurde. Je nachdem die Astbildung schon in der ersten Jugend der Zelle eintritt, oder erst später, bei schon vorgerückterer

---

*) Hofmeister l. c. p. 40. t. III. f. 4—11.

**) Daselbst p. 61.

***) Daselbst p. 36. t. XII. f. 9—14.

†) Daselbst p. 22. t. IX. f. 9—14.

Digitized by Google

Ausbildung der Zellen, mag auch die Art und Weise der Abgliederung des Astes Unterschiede zeigen, analog denen, die wir als Jungzellentheilung und Altzellentheilung bezeichnet haben.

α. Ohne Zellkern? Astbildung von Cladophora, Chantransia, Chroolepus, Draparnaldia, Chaetophora etc. Bei manchen von diesen Gattungen sind die Zellkerne bisher wohl nur übersehen worden.

β. Mit Zellkern. Hieher gehören die Fucoideen und Florideen, bei deren Astbildung sich nach Nägeli's Vermuthung *) der ursprüngliche Zellkern im Lumen der Mutterzelle erhält, während in der zur Astzelle werdenden Aussackung sich ein neuer Zellkern bildet.

Mit den Aussackungen der Zellen, die den Aesten der niederen Gewächse den Ursprung geben, lassen sich die Thyllen einigermaassen vergleichen, jene merkwürdigen zellenartigen Gebilde, welche die weiten Gefässe des Holzes im Alter ausfüllen, und nach den Untersuchungen eines Ungenannten **) ursprünglich als kleine bläschenartige Auswüchse aus den Zellen des umliegenden Gewebes hervorsprossen und durch die dünnwandigen Tüpfel in die Gefässe eindringen. Auch in diesen Thyllen, welche recht eigentlich als partielle und locale Zellverjüngungen erscheinen, bilden sich Zellkerne zu einer Zeit, in welcher sie in den Mutterzellen längst verschwunden sind und sich nicht wieder erneuern.

2. Abgliederung einer Tochterzelle im Gebiete der Fructification. Die sich abgliedernde und ablösende Tochterzelle wird zur Spore, während die Mutterzelle vegetativ bleibt. Dieser Fall ist ohne Zweifel in der Sporenbildung vieler Pilze, namentlich der ächten Hymenomyceten ***),

---

*) Zeitschr. 1847. p. 71 und 72 (Zellbildungsweise 8. A und B).

**) Untersuchungen über die zellenartigen Ausfüllungen der Gefässe (bot. Zeit. 1845. p. 225. 241. t. II.).

***) Vergl. Phöbus, über den Keimkörnerapparat der Agaricinen etc. Nov. act. nat. cur. XIX. II. (1842) p. 171. t. 56. 57. Corda, Ic. Fung. III. t. 7—9; IV. t. 10. f. 134—139; V. t. 10.

Digitized by Google

vieler Gasteromyceten*) und der meisten Hyphomyceten**) gegeben.

Die Vermehrung der Zellen bei der Algengattung Exococcus (Näg. Algensyst. p. 169) und den Gährungspilzen***) geht gleichfalls durch Abgliederung und oft völlige Abschnürung von theils gipfelständig, theils seitlich hervorsprossenden Tochterzellen vor sich. Da jedoch hier alle Zellen von gleicher Beschaffenheit sind, so sind diese Fälle schicklicher in das Gebiet der vegetativen Zellbildung zu verweisen.

C. Neubildung mit Theilung in vier Tochterzellen. Nach den folgenreichen Entdeckungen von Ad. Brongniart†) und H. v. Mohl††) über die Bildung der Pollenkörner der Phanerogamen und der Sporen der Cryptogamen schien die Bildung von je 4 Tochterzellen in einer Mutterzelle ein Fall von sehr häufigem und beim Uebergang zur Fructification weit verbreitetem Vorkommen zu sein; nach den neueren Entdeckungen aber über die Vorgänge, welche in der Mutterzelle selbst der Bildung der Pollenkörner sowohl, als der Vierlingssporen†††) vorausgehen, verhält sich die Bildung derselben nicht so einfach, als es anfangs schien. Pollenkörner und Sporen

---

*) Vergl. Tulasne, de la fructification des Scleroderma comparée à celle des Lycoperdon et Bovista, Ann. des sc. nat. 17 (1842) p. 5. t. 1. 2; sur les genres Polysaccum et Geaster, daselbst 18 (1842) p. 129. t. 6.

**) Vergl. Schleiden, Grundz. p. 38. 39. f. 106. 107; Corda, Ic. Fung. II. t. 10. f. 68 (Verticillium); III. t. 1. f. 23 (Botrytis); IV. t. 10. f. 132 (Isaria).

***) Vergl. z. B. Saccharomyces Cerevisiae in Meyen, Pflanzenphysiol. III. p. 455. t. X. f. 22.

†) Sur la generation et le developpement de l'embryon (Ann. des sc. nat. 1827).

††) Ueber den Bau und die Form der Pollenkörner (1834); über die Entwicklung und den Bau der Sporen der cryptogamischen Gewächse (Flora 1833, vermischte Schriften p. 67).

†††) Es gehört hieher die Sporenbildung der Farne, Moose und Lebermoose; beide Arten der Sporenbildung der Lycopodiaceen, Isoëteen, Rhizocarpeen; die eine Art der Sporenbildung der Florideen.

Digitized by Google

bilden sich nämlich nicht unmittelbar vierweise in der Mutterzelle, sondern einzeln in Specialmutterzellen, an welchen letzteren somit die Entstehung der Vierzahl zu betrachten ist. Nach den Untersuchungen von Nägeli*) findet diese auf zweierlei Weise statt. Entweder theilt sich die Mutterzelle zuerst in 2 Tochterzellen (primäre Specialmutterzellen), welche sich hierauf wieder in je 2 (secundäre Specialmutterzellen) theilen; oder aber die Mutterzelle theilt sich unmittelbar in 4 Tochterzellen, in welchem Falle also nur eine Generation von Specialmutterzellen (bloss primäre) gebildet werden. Nur der zweite Fall gehört in den gegenwärtigen Abschnitt unserer Betrachtung. Aus den bisherigen Beobachtungen scheint sich zu ergeben, dass bei der ersteren Art der Entstehung der Vierzahl die 4 (secundären) Specialmutterzellen gewöhnlich in einer Fläche, bei der letzteren die 4 (primären) Specialmutterzellen in zwei Flächen oder in der Ordnung der Ecken eines Tetraëder's gelagert sind. Wäre diese Beziehung der Anordnung zur Entstehungsweise eine constante, so böte dieselbe ein leichtes Mittel auch noch in späterer Zeit aus der Anordnung, ja sogar in den meisten Fällen schon aus der (von der ursprünglichen Lage grossentheils bedingten) Form der Sporen oder Pollenkörner**) auf die direkte oder indirekte Bildung der

---

*) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens der Phanerog. 1842.

**) Quadratische (in eine Fläche gestellte) Lage und längliche Form der Pollenkörner findet sich vorzugsweise bei den Monocotyledoneen; tetraëdrische Lage und rundliche Form fast allgemein bei den Dicotyledoneen (Mohl l. c. p. 34). Ebenso wiederholen sich beide Fälle bei den Sporen der Farne, die erstere (eine längliche, mit einer Längskante versehene Gestalt bedingend) z. B. bei Polypodium vulgare, Ceterach officinarum, Asplenium Ruta muraria, Aspidium Filix femina etc.; die letztere (die Form einer dreikantigen, an der Basis abgerundeten Pyramide bedingend) bei Pteris longifolia, serrulata, Allosorus crispus, Notochlaena Marantae, Osmunda regalis etc. (H. v. Mohl, vermischte Schr. p. 69. 70). Bei Moosen und Lebermoosen scheint die tedraëdrische Anordnung die herrschende zu sein; ebenso bei den Lycopodiaceen und Rhizocarpeen, bei welchen letzteren sie durch 3 kurze,

Digitized by Google

Vierzahl der Specialmutterzellen zu schliessen. Allein diese Beziehung ist nicht constant. Nach den Beobachtungen von Nägeli*) (an der Pollenbildung von Lilium) kommt die tetraëdrische Stellung der 4 Specialmutterzellen auch bei Bildung derselben in zweiter Generation vor, wenn nämlich die zuerst entstehenden 2 primären Specialmutterzellen sich nicht in gleicher, sondern in verschiedener, eine sich kreutzende Stellung der 2 Paare bedingender Richtung theilen**). Auf der anderen Seite geht aus Hofmeister's Beschreibung der Pollenbildung von Pinus***) hervor, dass auch 4 in einer Ebene liegende Specialmutterzellen durch gleichzeitige Bildung entstehen können. Was uns aber hier noch wichtiger erscheint, ist die Beobachtung, dass nicht bloss die verschiedenen Anordnungsverhältnisse, sondern selbst die, wie man glauben sollte, durch ihre Bildungsweise sehr wesentlich verschiedenen Fälle der primären oder sekundären, direkten oder indirekten Bildung der 4 Specialmutterzellen sich in ihrem natürlichen Vorkommen nicht ausschliessen, indem dieselben zuweilen bei einer und derselben Pflanze in

---

in Form eines Dreifusses sich vereinigende Linien sowohl bei den kleinen, als bei den noch unausgebildeten grossen Sporen angedeutet wird (Mettenius, Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen t. I. von Salvinia). Bei den Florideen kommt ausser der tedraëdrischen und quadratischen noch eine dritte Art der Anordnung vor, nämlich die lineare (Kütz. Phyc. gen. p. 100 „spermatidia quadrijuga". Vergl. z. B. t. 60. IV. Hypnophycus musciformis und t. 62. III. Calliblepharis ciliata).

*) Vergl. Nägeli, Entwicklungsgesch. des Pollens p. 18. t. II. f. 19. 20. 21.

**) Die Gestalt der 4 secundären Specialmutterzellen (und in Folge davon der Pollenkörner oder Sporen) ist jedoch in diesem Fall nicht die gleiche mit derjenigen bei tetraëdrischer Anordnung durch direkte Bildung; im ersteren Falle nämlich haben die 4 Theile (wie bei der quadratischen Anordnung) die Form eines Kugelquadranten, im letzteren die Form einer dreiseitigen Pyramide mit gewölbter Grundfläche. Will man beide Anordnungsweisen unterscheiden, so kann man die erstere als die decussirte, die letztere als die pyramidale oder tedraëdrische im engeren Sinne bezeichnen. (Vergl. auch Nägeli, die neueren Algensyst. p. 190).

***) Bot. Zeit. 1848. p. 671.

Digitized by Google

stellvertretendem Wechsel vorkommen. Nägeli hat uns Althaea rosea als eine Pflanze bezeichnet, deren Specialmutterzellen sich durch eine Generation (zu vieren auf einmal), aber auch zuweilen durch zwei aufeinanderfolgende Generationen (zu zweien und zweien) bilden; den entgegengesetzten Fall führt Hofmeister von Tradescantia an, bei welcher sich die Specialmutterzellen gewöhnlich zu 2 und 2 (in einer Ebene oder decussirt), zuweilen aber auch alle 4 gleichzeitig (in tetraëdrischer Lage) bilden *). Dieser merkwürdige Umstand deutet auf einen innigeren Zusammenhang beider Fälle hin, auf welchen wir noch bestimmter durch einige Beobachtungen über das der direkten Viertheilung vorhergehende Verhalten der Zellkerne hingewiesen werden. Es ist hier zunächst an die merkwürdige, von H. v. Mohl **), so wie von Nägeli ***) beschriebene Bildungsgeschichte der Sporen von Anthoceros zu erinnern. Zu den Seiten des centralen, hier ausnahmsweise nicht verschwindenden Kerns der Mutterzelle bilden sich 2 neue Zellkerne (wegen des körnigen Inhalts von Mohl als „Körnerzellen" bezeichnet), welche nach einiger Zeit sich theilen, wodurch 4 Zellkerne entstehen, die, allmählig auseinanderrückend, eine tetraëdrische Stellung annehmen. Um diese 4 Zellkerne bilden sich, durch Theilung des ganzen Inhalts der Generalmutterzelle, die 4 Specialmutterzellen gleichzeitig. Noch sprechender sind die Beobachtungen, welche Hofmeister bei der Bildung des Pollens von Pinus gemacht hat †). Der grosse Zellkern der Mutterzelle löst sich auf; es bilden sich 2 secundäre Zellkerne; zwischen beiden häufen sich die Körnchen des Zellsafts als ringförmiger Gürtel im Aequator der Zelle an; bald zerfällt der Körnergürtel in 2 einander parallele, die Sonderung des Primordialschlauchs in 2 Hälften andeutend. Bis hieher verhalten sich alle

---

*) Bot. Zeit. 1848. p. 430. t. IV. f. 22. 23. 24. 25.

**) Ueber die Entwicklung der Sporen von Anthoceros laevis (Linnaea 1839; vermischte Schrift. p. 84. t. IV).

***) Zeitschr. 1844. p. 49 — 54. t. I. f. 31 — 40.

†) Bot. Zeit. 1848. p. 671.

Digitized by Google

Mutterzellen gleich, die weitere Ausbildung aber geschieht in zwei verschiedenen Weisen. Entweder wird die angedeutete Theilung in 2 primäre Specialmutterzellen ausgeführt, und es bilden sich in diesen wieder je 2 secundäre Specialmutterzellen; oder die beginnende Zweitheilung des Primordialschlauchs wird unterbrochen, die 2 secundären Kerne verschwinden und an der Stelle eines jeden derselben bilden sich 2 tertiäre, also im Ganzen 4 Kerne, welche bald in einer Ebene liegen, bald nach den Ecken eines Tetraëders geordnet sind, und um welche nun die Bildung der 4 Specialmutterzellen direkt statt findet. Auf diese Beobachtungen gestützt darf man wohl vermuthen, dass alle derartigen Zellbildungsprozesse, welche uns, der äusseren Abgrenzung der Zellen nach, als direkte Viertheilung erscheinen, im Wesentlichen dasselbe sind mit der doppelten Zweitheilung, nur durch Ueberspringung eines Schrittes in der Ausführung von der letzteren sich unterscheidend, so nämlich, dass der Bildungsprozess von der ersten, durch Entstehung der 2 secundären Kerne im Inneren der Zelle bereits ausgesprochenen Zweitheilung, ohne dieselbe äusserlich zu vollenden, zur folgenden Zweitheilung überspringt.

Bei der Vermehrung der einzelligen Algen, namentlich in der Familie der Palmellaceen und den zunächst verwandten, kommt neben scheinbarer Viertheilung ohne Zweifel auch ächte Viertheilung (in dem so eben erläuterten Sinne) vor. Die erstere entsteht dadurch, dass auf eine erste Zweitheilung, welche bloss eine transitorische Zellgeneration erzeugt, sogleich eine zweite folgt *). Auch hier wechselt nicht selten die Anordnung der 4 Zellen in einer Ebene mit der decussirten, wie ich diess z. B. bei Chlamidococcus pluvialis beobachtet habe. Aechte (und zwar tetraëdrische) Viertheilung giebt Nägeli als Charakter der Gattung Tetrachococcus an, deren Selbstständigkeit er jedoch selbst bezweifelt, indem er

*) Ich habe auf dieses Verhalten schon früher (p. 171. Note) aufmerksam gemacht.

sie als Untergattung unter Pleurococcus stellt und es unentschieden lässt, ob die so bezeichnete Algenform nicht zu Pl. vulgaris gehört*). Ich selbst habe bei Protococcus viridis untermischt blosse Zweitheilung, scheinbare (und zwar decussirte) und ächte (tetraëdrische) Viertheilung beobachtet, die zwei letzteren durch die Form der Zellen unterscheidbar, aus welcher allein ich in diesem Falle auf die Bildungsweisen schliessen konnte.

D. Neubildung mit Theilung des Inhalts der Mutterzelle in unbestimmt viele Tochterzellen. Die hier zu berührenden Fälle gehören sämmtlich der Fructification der Algen, Flechten und Pilze an; sie wurden bisher, namentlich von Nägeli, nicht der Zellbildung durch Theilung, sondern der freien Zellbildung zugezählt, von welcher sie sich jedoch wesentlich unterscheiden. Während bei der freien Zellbildung die Mutterzelle, ungeachtet der in ihr vorgehenden Bildung von Tochterzellen, ihre eigene Lebensthätigkeit bewahrt, d. h. als lebendige Zelle zu bestehen fortfährt, daher auch, ausser den Tochterzellen, noch einen lebenskräftigen Inhalt besitzt, begrenzt durch den fortbestehenden Primordialschlauch und oft noch mit wohlerhaltenem Zellkern versehen, geht dagegen bei den hier zu betrachtenden Fällen, wie bei aller Bildung der Tochterzellen durch Theilung, die Mutterzelle gleich in der ersten Bildung der Tochterzellen auf, was sich namentlich in der constanten Auflösung des Primordialschlauchs der Mutterzelle ausspricht. Der ganze Inhalt der Mutterzelle, höchstens mit Ausschliessung einer wässrigen, nur wenige organische Bestandtheile enthaltenden Flüssigkeit, wird zur Bildung der Tochterzellen verwendet, und zwar nicht etwa so, dass die schon gebildeten Tochterzellen ihn allmählig aufzehren, sondern in der Art, dass schon bei der ersten Grenzbestimmung der ganze Inhalt (soweit er nicht zur Neubildung unbrauchbar ist) in die Tochterzellen vertheilt wird. Die Zellen entstehen daher auch nicht mit freien Grenzflächen, sondern sowohl unter sich, als mit der Mutterzellwand in ursprünglicher

*) Nägeli, Zeitschr. 1847. p. 70; neuere Algensyst. p. 127.

Digitized by Google

Berührung; sie können sich jedoch später, oder, wenn der wässrige Inhalt der Mutterzelle von der Neubildung ausgeschlossen wird, mitunter schon in der ersten Abschliessung ihrer Bildung trennen.

1. Die Tochterzellen bilden sich durch Theilung eines die ganze Höhle der Mutterzelle erfüllenden Inhalts. Dieser Fall setzt voraus, dass der ganze Inhalt ein dickflüssiger und zur Theilnahme am Neubildungsprozess fähiger ist.

a. Die Tochterzellen liegen in einer Reihe in der Mutterzelle. Die walzenförmige Zelle von Sciadium (vergl. p. 200) besitzt einen gleichmässig vertheilten grünen Inhalt, der in völlig ausgewachsenen Zellen durch lichte Querstreifen unterbrochen und in eine Reihe von 5 — 8 ungefähr gleichstarke Massen getheilt wird, welche sich zu Gonidien gestalten. Zellkerne konnte ich in den einzelnen Abtheilungen des in Gonidienbildung übergehenden Zellinhaltes nicht unterscheiden. Aehnlich verhält sich wahrscheinlich Ophiocytium (Näg. einzell. Alg. t. IV. A). Es ist mir wahrscheinlich, dass zu dieser Art der Zellbildung auch die Sporenbildung in den walzen- oder spindelförmigen Mutterzellen (Schläuchen) der Flechten, Kernpilze und Scheibenpilze gehört. Die grössere Concentration des Inhaltes, wie sie die Bildung ruhender Sporen mit sich bringt, hat die Ausschliessung des wässrigeren Theiles des Inhalts der Mutterzelle und dadurch eine mit dem ersten Abschluss der Sporen eintretende auseinandergerückte Lage derselben zur Folge. Die Bildungsgeschichte der Sporen von Peziza Acetabulum, wie sie Corda*) darstellt, lässt in dieser Beziehung kaum einen Zweifel übrig. In der gleichmässig vertheilten, trüben und körnigen Inhaltsflüssigkeit der Mutterschläuche entsteht eine Reihe in regelmässige Abstände vertheilter kugeliger Gebilde, welche Corda Oeltropfen nennt, die aber durch ihre Beziehung zu der nachfolgenden Sporenbildung sich als Zellkerne zu erweisen scheinen. Um diese Zellkerne bildet sich eine hellere

*) Icones Fungorum III. p. 38. t. VI. 95 und 96.

Digitized by Google

Athmosphäre, indem die dunklere körnige Masse sich zonenartig zwischen denselben ansammelt, was an die analogen Erscheinungen bei Hydrodictyon und bei der Pollenbildung von Pinus und Passiflora erinnert. Bald darauf erscheinen die einzelnen kugeligen Zellkerne von Inhaltsmassen und Häuten umgeben, somit als Centralgebilde ebensovieler länglicher Sporen, welche durch eine lichte, wässrige, nur noch wenige Körnchen enthaltende Flüssigkeit getrennt sind.

b. Die Tochterzellen erfüllen die Mutterzelle ohne Ordnung. Hieher glaube ich rechnen zu dürfen die Gonidienbildung von Chlorococcum (nach Nägeli*)), ferner von Chytridium (p. 198), bei welcher Gattung die in dem ganzen Inhalte der Mutterzelle zerstreuten Zellkerne schon vor Ausbildung der äusseren Grenze der Gonidien deutlich unterscheidbar sind. Vielleicht gehört auch die Sporenbildung mancher Pilze, namentlich der Gattung Erysiphe hieher**).

2. Die Tochterzellen bilden sich durch Theilung einer die Innenwand der Mutterzelle überziehenden Schleimschichte. Da von dieser keineswegs sehr seltenen Zellbildungsweise, für welche die Bezeichnung „wandständige Zellbildung", wäre sie nicht schon in anderem Sinne verbraucht, geeignet erschiene, noch nirgends eine genauere Beschreibung gegeben worden ist, werde ich sie, so wie ich sie Schritt für Schritt bei der Gonidienbildung von Hydrodictyon beobachtet habe, etwas ausführlicher schildern. Von der sonderbaren Fortpflanzungsweise des Wassernetzes war bereits früher (p. 146. 237) die Rede; auch die Beschaffenheit des Zellinhalts (p. 182. 210) und der Zellhaut (p. 203) vor Eintritt der Fortpflanzung wurde bereits auseinandergesetzt, so dass ich, an das Frühere anknüpfend, unmittelbar mit der Beschreibung der Erscheinungen beginnen kann, durch welche sich der Eintritt der Gonidienbildung ankündigt. Das

*) Zeitschr. 1847. p. 23; einzell. Algen p. 17.
**) Vergl. Corda, Ic. Fung. II. t. XIII. 100.

Digitized by Google

erste Stadium, durch welches die Bildung der Keimzellen eingeleitet wird, umfasst die Zeit der Auflösung und des Verschwindens der Amylonkörner. Die Schleimschichte (d. i. der consistentere, bildungsfähige, der Zellhaut anliegende Inhalt, dessen untergeordnete Abtheilungen früher beschrieben wurden, und welcher seine wandständige Lage bis zur Vollendung der Gonidienbildung beibehält) verändert in dieser Zeit ihr Ansehen in auffallender Weise. Das frische, durchsichtige Grün wird trüber und die ganze Schleimschichte erhält, noch ehe die Auflösung der Amylonkörner ganz vollendet ist, ein eigenthümliches, regelmässig und dicht mit helleren Flecken durchwirktes Ansehen, welches jedoch nur dann deutlich bemerkbar ist, wenn der Focus in die Tiefe der Schleimschicht eingestellt wird. Diese Flecken sind nicht, wie man vermuthen könnte, die in Auflösung begriffenen Amylonkörner, denn ihre Zahl ist weit grösser als die der letzteren, deren nicht völlig verschwundene Kerne man noch hie und da, und zwar nicht in, sondern zwischen den Flecken, bemerkt. Die kleinen grünen Körnchen des Inhalts, welche ich der Kürze wegen Chlorophyllkörnchen nennen will *), verschwinden nicht mit den Amylonkörnern, sondern weichen zur Zeit der Fleckenbildung auseinander und häufen sich als dunklere Grenzlinien zwischen den helleren Flecken an. Durch Auf- und Niederrücken des Focus überzeugt man sich, dass auch über und unter den hellen Flecken zerstreute Chlorophyllkörnchen sich befinden, die Flecken selbst aber in der Dicke der Schleimschicht befindliche rundliche, von Körnern freie Räume darstellen. Gleichzeitig mit diesen Vorgängen geht die grüne Farbe der Schleimschicht in eine mehr bräunliche über, eine Farbeveränderung, welche im nächsten Stadium noch

*) Diese Körnchen sind keine Chlorophyllbläschen, wie bei Vaucheria, Chara u. s. w.; sie haben vielmehr das Ansehen dichter, von keiner Haut umgebener, meist länglicher Körner. Bei Ausziehung des Chlorophylls durch Weingeist werden sie, wie die übrige Masse des Inhalts, entfärbt, bleiben jedoch unterscheidbar; nur wird ihre Gestalt durch Einwirkung des Weingeists unregelmässiger.

Digitized by Google

deutlicher hervortritt, besonders bei denjenigen Zellen, in welchen sich Microgonidien (Schwärmer) bilden sollen. Noch auffallendere Veränderungen treten im zweiten Stadium der Gonidienbildung ein, in welchem die Schleimschicht ein dem ebenbeschriebenen ganz entgegengesetztes Bild bietet. An die Stelle des früheren dunklen Körnernetzes tritt nämlich, indem die Körner nach den hellen Räumen sich zurückziehen, ein Netz lichter Grenzlinien; die früher hellen Flecken dagegen werden durch gruppenweise Sammlung der Körner zu dunklen Feldern. Ist diese neue Vertheilung des Inhalts vollendet, so erscheinen die hellen Zwischenstreifen als allenthalben ziemlich gleichbreite, lichtgelbliche (nicht grüne) Linien, welche sich gegen die dunklen Felder scharf abgrenzen; die letzteren stellen polygonische (meist 6-, seltener 5- oder 7eckige) grüne, mehr oder minder ins Bräunliche spielende Täfelchen vor, welche bald ganz mit Körnern gefüllt erscheinen, bald noch einen helleren körnerfreien Raum in der Mitte unterscheiden lassen. Wie es die Gestalt und die (in derselben Mutterzelle) ziemlich gleiche Grösse der Täfelchen mit sich bringt, ist die Anordnung derselben so, dass meist je 6 um ein mittleres gelagert sind. Je nachdem sich Macrogonidien (Netzbilder) oder Microgonidien (Schwärmer) bilden sollen, ist die Grösse der Täfelchen verschieden; ihr Durchmesser beträgt im ersteren Falle ungefähr $^1/_{100}$ Mill., im letzteren $^1/_{200}$ bis $^1/_{150}$; die letzteren zeigen überdiess minder regelmässige, verschobenere Gestalten und weniger zahlreiche (nur 4—10) Chlorophyllkörnchen. In diesem Stadium beginnt die Mutterzellhaut durch Aufquellen sich zu verdicken. Im dritten Stadium endlich wird die vollständige Sonderung der Täfelchen bewerkstelligt und die Gonidienbildung vollendet. Die schon vorher gegen die hellen Zwischenstreifen deutlich abgegrenzten Täfelchen fangen an sich an den Ecken zu runden und an der Oberfläche, welche vorher der Zellhaut flach anlag, zu wölben, wobei jedoch die Tafelgestalt nicht sofort in eine kugelige, sondern in eine linsenförmig zusammengedrückte übergeht, welche Zusammendrückung sich selbst später, im Stadium der Bewegung, in geringerem Maasse noch bemerken lässt.

Digitized by Google

Während dieser Rundung verschwinden die helleren Zwischenstreifen, die Gonidien treten in unmittelbare Berührung, nur an den Stellen, wo je drei sich begegnen, erscheinen dreieckige Intercellulargänge. Dieses Stadium ist in der Regel von sehr kurzer Dauer, indem es sofort in das vierte, das der Bewegung der Gonidien übergeht, welches, je nach Art und Bestimmung der letzteren, dem Grade und der Dauer nach verschieden ist. Obgleich von den Bewegungserscheinungen der Hydrodictyon-Gonidien schon früher die Rede war, so dürfen wir dieselben hier doch nicht ganz übergehen, indem dabei einige Punkte in Betracht kommen, die für die Beurtheilung der Zellbildungsweise, die uns hier beschäftigt, von Einfluss sind. Bei den Macrogonidien sowohl, als bei den Microgonidien zeigt sich die Bewegung zuerst als ein gegenseitiges, anfangs kaum bemerkbares Drängen und Schieben, welches, wenn es in vollem Gange ist, der Bewegung einer dichtgedrängten Volksmenge, in welcher Niemand seinen Ort verlassen kann, vergleichbar ist. Das Signal zur freieren und lebhafteren Bewegung wird durch die um diese Zeit stattfindenden Vorgänge in der Haut der Mutterzelle gegeben. Schon im zweiten Stadium der Gonidienbildung hatte die Zellhaut angefangen sich zu verdicken, im dritten das Aufquellen derselben weitere Fortschritte gemacht, allein eine Ausdehnung des Umfangs der Zellhaut wurde durch den Widerstand der Ueberhaut verhindert. Dieser Widerstand wird nun gehoben, indem die Ueberhaut zuerst an einer, bald an mehreren Stellen einreisst, wodurch die durch das Aufquellen weich und schlaff gewordene Zellhaut Raum gewinnt sich auszudehnen. Diess ist der Moment, in welchem die Bewegung der Gonidien entweder gleichzeitig in der ganzen Zelle, oder häufiger von der Stelle aus, wo das erste Aufspringen der Ueberhaut statt hatte, sich allmählig verbreitend, in ein lebhaftes Zittern und Zucken übergeht, welches Treviranus nicht unpassend dem Sieden des kochenden Wassers vergleicht. Auch bei dieser sehr raschen Bewegung ist die eigentliche Ortsbewegung der Gonidien eine höchst geringe, so dass z. B. von Gonidien freie Räume, wie sie in Zellen, welche eine lückenhafte Bildung der Schleimschicht hatten,

Digitized by Google

vorkommen, nicht ausgefüllt werden. Bei den zur Netzbildung bestimmten Macrogonidien bleibt es bei dieser Art der Bewegung, bei den Microgonidien dagegen tritt auf den Zustand des Zitterns der des Wimmelns ein. Während nämlich bisher die ganze Masse der Gonidien ihre der Form der Schleimschicht entsprechende peripherische, die Form eines Sackes darstellende Lage auch in der Bewegung beibehalten hatte, löst sich nun dieser sonderbare Bann, die Gonidien verlassen die Peripherie und wimmeln durch das ganze Lumen der Zelle in buntem Durcheinander, bis sie endlich durch das Bersten einer oder mehrerer bauchartig aufgetriebener Stellen der Zellhaut in dichtem Schwarm die Zelle verlassen, um im Freien die schwärmende Bewegung noch längere Zeit fortzusetzen. Während der Zeit der Bewegung zeigen sich sowohl an den Macrogonidien, als an den Microgonidien verschiedene Eigenthümlichkeiten, welche vor Eintritt der Bewegung noch nicht zu bemerken waren. Die Macrogonidien behalten zwar ihre rundliche oder gerundet polygonische Gestalt bei, zeigen aber auf einer Seite einen hyalinen Rand, welcher ungefähr den dritten Theil, ja selbst die Hälfte der Peripherie einnimmt; die Microgonidien dagegen werden entschieden länglich, wobei das zugespitztere Ende hyalin erscheint. Die im Innern eingeschlossenen grünen Körnchen sind in beiden noch unterscheidbar, doch weniger scharf, indem sie anfangen unter sich zu verschmelzen; die Farbe ist wieder lebhaft grün, bei den Netzbildern dunkler, bei den Schwärmern mehr gelbgrün. Das fünfte Stadium, das der Ruhe, ist bei den Macrogonidien mit der Verknüpfung derselben zum jungen Netze verbunden, welche Verknüpfung schon in der letzten Zeit der Bewegung beginnt, so dass bereits gruppenweise verknüpfte Gonidien noch in zuckender und sich hin- und herzerrender Bewegung gesehen werden. Mit völligem Eintritt der Ruhe und vollendeter Verknüpfung zum neuen Netze beginnt die Verlängerung der bis dahin rundlichen Keimzellen; die grünen Körner im Inneren derselben verschmelzen völlig in eine homogene Masse; der Anfang des ersten Amylonkorns erscheint; die neugebildete Zellhaut wird unterscheidbar. Auch die ausgeschwärmten Micro-

Digitized by Google

gonidien, welche sich niemals zu Netzen verbinden, sondern bloss unregelmässig zusammenhäufen, zeigen nach eingetretener Ruhe diesen Uebergang des körnigen Inhalts in eine homogene grüne Masse, so wie die Bildung eines kleinen Amylonkörnchens und die Entstehung einer deutlichen Zellhaut, vermittelst welcher sie oft gruppenweise aneinanderkleben; dagegen zeigen sie keine Spur von Verlängerung und nehmen überhaupt an Grösse nicht zu*), während in den jungen Netzen die Wachsthumszunahme mit erstaunlicher Schnelligkeit vor sich geht, indem die Zellen des Netzes unter günstigen Umständen im Verlaufe weniger Wochen bis zum 600-fachen an Länge, und bis auf das 240000-fache an Volumen zunehmen**).

Nach dieser Schilderung der Vorgänge im Laufe der Gonidienbildung des Wassernetzes wird es nicht schwer sein die Aehnlichkeiten derselben mit anderen Modificationen der Zellbildung durch Theilung wahrzunehmen.

---

*) Ich kann es nicht unterlassen bei dieser Gelegenheit eine Beobachtung anzuführen, die das oben Gesagte vielleicht etwas modificirt. In den Wassergefässen, in welchen ich das Hydrodictyon cultivirte, fand ich häufig einzeln vegetirende oder nur zu wenigen unregelmässig verbundene Hydrodictyonzellen, welche sich vollkommen ausbildeten, dabei jedoch meist unregelmässige, bauchige, oft höckerige, ja selbst verzweigte Gestalten annahmen. Ob diese Einsiedler aus einzelnen, ausnahmsweise zur Entwicklung gekommenen Microgonidien, oder aus durch zufällige Zerreissung der Mutterzellen im Bewegungsstadium zerstreuten Macrogonidien entstehen, konnte ich durch Beobachtung nicht entscheiden, doch ist mir das Letztere wahrscheinlicher. Auch von Pediastrum habe ich solche Einsiedler beobachtet.

**) Die ganze Ausbildung des Wassernetzes bis zum Wiedereintritt der Gonidienbildung wird bei cultivirten Exemplaren in 3—4 Wochen vollendet; im Freien, bei kräftigerer Vegetation, mag wohl oft eine längere Zeit erforderlich sein. Die Grösse der Zellen zur Zeit der Entstehung des Netzes, zu welcher Zeit ihre Gestalt noch fast kugelig ist, beträgt $\frac{1}{100}$ Mill.; die ausgebildeten Zellen zeigen im Freien häufig eine Länge von 5—6 Mill., eine Dicke von $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{5}$ Mill.; bei der Cultur im Zimmer dagegen erreichen sie nur 1—$1\frac{1}{2}$ Mill., in späteren Generationen selbst nur noch $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ Mill. Länge, wobei nichtsdestoweniger die Fortpflanzung zur gehörigen Zeit eintritt.

Digitized by Google

Fragen wir zunächst nach der Bedeutung der hellen Flecken, welche das erste Stadium der neuen Zellbildung des Wassernetzes bezeichnen, so ist es unzweifelhaft, dass dieselben die Centra ebensovieler neuer Zellen darstellen, also entweder wirkliche Zellkerne sind, oder, da man keine scharfen Umrisse wahrnehmen kann, doch den Zellkernen analoge Ansammlungen eiweissartiger Substanz. Das Körnernetz zwischen den hellen Flecken, welches die Grenzlinien der künftigen Gonidien einnimmt, erinnert an die früher erwähnte Bildung des Körnergürtels oder der Körnerplatte, welche bei der Theilung der Mutterzellen des Pollens auftritt, so wie an die Körnerzonen in den Mutterschläuchen der Sporen von Peziza, und zeigt, dass die zur Bildung neuer Zellen sich abgrenzenden Gebiete von Anfang an sich berühren. Die hellen Streifen, welche sich im zweiten Stadium zwischen den sich concentrirenden und gegeneinander abscheidenden tafelförmigen Inhaltsparthien zeigen, scheinen von einer Ausscheidungsmasse gebildet zu sein, welche sofort wieder aufgelöst und zerstört wird, wodurch die Ablösung aller einzelnen Gonidien unter sich und von der Mutterzellhaut bewirkt wird. Dieselbe Substanz im aufgelösten, aber noch klebrigen Zustande ist es vielleicht, welche die schon beweglichen Gonidien in der Peripherie der Mutterzellhöhle noch einige Zeit zurückhält, so dass die Macrogonidien, bei welchen zeitig genug das Stadium der Ruhe und wechselseitigen Befestigung eintritt, sich nicht anders als in der durch ihre Entstehungsweise gegebenen Schlauchform zur netzartigen Colonie verbinden können. Im Innern neugebildeter, noch in der Mutterzellhaut eingeschlossener Netze sieht man zuweilen undeutlich begrenzte farblose Ballen von schleimiger Consistenz, welche durch Jod sich gelblich färben; ebenso sieht man bei dem schwarmweisen Entweichen der Microgonidien durch den geplatzten Bruchsack der Mutterzelle den Schwarm zuweilen durch eine mühsam sich durchdrängende Schleimmasse unterbrochen. Ob diese Massen noch unzerstörte Ueberreste der erwähnten Ausscheidungs- und Verbindungssubstanz der Gonidien sind, lasse ich dahin gestellt. In der Regel zeigt der Inhalt der Mutterzellen nach vollendeter Bildung der

Digitized by Google

Gonidien, ausser diesen selbst, nichts als eine wasserhelle Flüssigkeit. Als Beweis, dass die Keimzellen des Wassernetzes nicht frei im Inhalte der Schleimschicht entstehen, sondern sich vielmehr aus einer ursprünglich zusammenhängenden Masse durch gegenseitige Abgrenzung von einander scheiden, führe ich noch das nicht seltene Vorkommen von Zwillingsgonidien (ja selbst von Drillingen) an, bei welchen, wenn es Schwärmer sind, 2 (oder 3) mit Flimmerfäden versehene Spitzen unterscheidbar sind, die sich bald auf derselben Seite nebeneinander befinden, bald rechtwinklig von einander abstehen, oder selbst entgegengesetzte Lage haben. Man kann sich unschwer überzeugen, dass solche Formen sich nicht durch ein Zusammenwachsen vorher getrennter Gonidien bilden, sondern dadurch, dass zwischen je zwei Täfelchen oder Inhaltsgruppen, wie sie sich im zweiten Stadium bilden, die helle Scheidungslinie nicht eintritt, dass also zwischen 2 (oder 3) innerlich gesonderten Zellen die gegenseitige äussere Abgrenzung nicht, oder nicht vollständig, vollzogen wird.

Mit der hier beschriebenen Zellbildungsweise stimmt im Wesentlichen überein die Bildung der Gonidien von Ascidium (p. 136), Cladophora und wahrscheinlich auch Chaetomorpha (p. 197); ferner, nach den Angaben der Autoren zu urtheilen, von Endococcus (Näg. einz. Alg. p. 17) und Bryopsis, bei welcher Gattung die genauere Verfolgung des Vorganges, namentlich in Beziehung auf das Verhalten der Chlorophyllbläschen, besonders wichtig wäre. Die gleichfalls hieher gehörige Bildung der Gonidien sowohl, als Sporen von Saprolegnia verdient, wegen ihres etwas abweichenden Verhaltens, eine genauere Betrachtung. Die zu länglichen Keulen oder Walzen anschwellenden und als besondere Zelle sich abgliedernden Spitzen, in welchen die Gonidien von Saprolegnia sich bilden*),

*) Hievon ganz verschieden ist die von Nägeli (Zeitschr. 1847. p. 28. t. IV. f. 1—6) beschriebene und abgebildete Bildung freier Sporangien im Innern angeschwollener Fadenspitzen Ich habe dieselbe gleichfalls gesehen, jedoch

Digitized by Google

sind bei ihrer Bildung mit einem körnigen Schleime erfüllt. In der Folge entstehen im Innern der schleimigen Masse, der Achse der Keule entlang, mehrere Höhlungen, welche, allmählig sich vergrössernd, in eine einzige, den ganzen Schlauch durchziehende, jedoch nicht sehr geräumige Höhle zusammenschmelzen. Der auf diese Weise zu einer dicken wandbekleidenden Schleimschicht gewordene Inhalt nimmt nun alsbald eine wellenförmige Oberfläche an, indem sich abgerundete Hügelchen bilden, die sich mehr und mehr hervorheben, während die zwischenliegenden Vertiefungen immer tiefer einschneiden und zuletzt bis zur Zellwand vordringen. Auf diese Weise theilt sich die Schleimschicht in zahlreiche, der Zellwand flach ansitzende Halbkugeln, die sich jedoch sofort zu vollständigen Kugeln runden, indem sie sich gleichzeitig von der Zellwand ablösen. Hiemit ist die Bildung der Gonidien vollendet, welche auch alsbald ihre Bewegung beginnen und nach ihrer Entleerung aus dem Mutterschlauche noch kurze Zeit fortsetzen. Während der Dauer der Bewegung zeigen die Gonidien eine längliche Gestalt, beim Uebergang zur Ruhe nehmen sie wieder die ursprüngliche Kugelform an. Dem Eintritt der Ruhe folgt unverzüglich die Keimung. Alle diese Vorgänge, von der Bildung der Keule an, bis zum Ausschwärmen der Gonidien, sind das Werk weniger Stunden *). Das Vorkommen grösserer ruhender Sporen,

---

so selten, dass ich sie nicht in ihrem ganzen Verlaufe verfolgen konnte. Sie scheint mir nicht in den Kreis der normalen Entwicklungserscheinungen von Saprolegnia zu gehören, und ist mir noch ebenso räthselhaft als das bei derselben Pflanze beobachtete Vorkommen aufsitzender kugeliger Auswüchse mit rotatorisch bewegtem, später sich wiederholt theilendem Inhalt.

*) Mit meinen Beobachtungen unvereinbar ist die Angabe Meyen's (Pflanzenphysiol. III. p. 457. t. 10. f. 19), dass die beweglichen Gonidien sich innerhalb der Keule in besonderen Mutterzellen bilden. Vielleicht findet sich der Schlüssel zu dieser Angabe in der oben angeführten Beobachtung, dass die Gonidien der Saprolegnia capitulifera sich kurz nach der Geburt häuten (vergl. p. 201). Es lässt sich denken, dass die Beobachtung Meyen's an einer weiteren eigenthümlichen Art gemacht ist, bei welcher eine solche Häutung der Gonidien schon vor der Geburt vor sich geht.

Digitized by Google

das den meisten Beobachtern entgangen ist*), ist eine normale Erscheinung in der späteren Lebenszeit der Saprolegnia, zuweilen noch gleichzeitig mit der Gonidienbildung, gewöhnlich erst nach Beendigung derselben auftretend. Die Sporen bilden sich in kugelig oder birnförmig aufgetriebenen Behältern an der Spitze dünnerer abstehender Seitenzweige; selten schwellen die Spitzen der aufrechten Triebe selbst zu solchen bauchigen Sporenbehältern an; ausnahmsweise bilden sich auch in walzenförmigen Endschläuchen, welche in ihrer Form mit den Gonidienbehältern übereinstimmen, Sporen. Die Bildungsweise der Sporen ist im Wesentlichen übereinstimmend mit derjenigen der Gonidien. Der schleimig-körnige Inhalt der künftigen Sporenbehälter wird dunkler und undurchsichtiger, als der der Gonidienkeulen, legt sich aber, wie in diesen, der Zellwand an. In diesem Stadium erscheinen in der dunkleren Masse der Schleimschicht mehrere in regelmässigen Abständen vertheilte grössere Bläschen. Vergleicht man die Zahl und Entfernung dieser Bläschen mit derjenigen der künftigen Sporen, so kann man kaum zweifeln, dass dieselben Zellkerne sind, von denen die Bildung der Sporen ausgeht, zumal da man auch später, in den schon gebildeten Sporen, oft ein ähnliches helleres Bläschen unterscheiden kann. Der Bildung der Kerne folgt die Hügelbildung auf der Innenfläche der Schleimschicht. Die unter sich ziemlich weit abstehenden Hügel wölben sich mehr und mehr und die zwischen denselben auseinanderweichende Schleimschicht wird endlich ganz in sie hineingezogen; die dadurch entstehenden Halbkugeln sind desshalb nicht, wie bei der Gonidienbildung, dicht aneinandergedrängt, sondern durch grössere Zwischenräume getrennt. Hierauf folgt die Rundung und Ablösung von der Zellwand, in deren Folge die Sporen lose und locker im Innern des Sporenbehälters liegen, und erst durch die Verwesung des letzteren zerstreut werden. Die Gestalt der Sporen ist stets kugelförmig; die Grösse wechselt bei Sapr. prolifera von $1/_{50}$ bis zu $1/_{30}$ Mill., während die Gonidien im Stadium

*) Ich finde es bloss von Schleiden erwähnt (Grundz. erste Aufl. II. p. 36).

Digitized by Google

der Bewegung nur $^1/_{100}$ Mill. lang sind; die Farbe ist braun; der Inhalt zuerst feinkörnig, später mit zahlreichen Oeltröpfchen gemischt; die Haut anfangs unmerklich, bei völliger Ausbildung dick und deutlich doppelt. In den walzenförmigen Sporenbehältern bilden sich die Halbkugeln ziemlich regelmässig abwechselnd an zwei entgegengesetzten Seiten der Wand, so dass sie wie die Zähne zweier Räder ineinandergreifen, die abgelösten Sporen aber eine einreihige Anordnung erhalten. In den aufgeblasenen Behältern zeigt sich in der Lage der Sporen keine bestimmte Regel. Ihre Zahl ist nach der Grösse der Behälter sehr verschieden. Ich sah einerseits bis auf 20 Sporen in einem Behälter, anderseits aber auch in manchen Fällen nur 4, 3, 2, ja selbst nicht allzuselten nur eine einzige.

Die Sporenbildung von Leptomitus lacteus verhält sich wie die bei Saprolegnia ausnahmsweise in walzenförmigen Behältern vorkommende; die von der Wand des Mutterschlauches abgelösten Sporen sind einreihig angeordnet*). In den Sporangien von Coleochaete geht die Sporenbildung auf ähnliche Weise vor sich, wie in den kugeligen Behältern von Saprolegnia; doch sind die Sporen vor ihrer Ablösung plattgedrückt, nach derselben länglich; ihre Farbe ist anfangs grün, später braun. Die Zahl der Sporen beträgt bei C. pulvinata 5 — 8.

Endlich erwähne ich hier noch der bereits früher beschriebenen Sporenbildung von Sphaeroplea (vergl. p. 176), als eines Falles, welcher die beiden Abtheilungen D. 1. und D. 2., die Bildung unbestimmt vieler neuer Zellen durch Umgestaltung eines das ganze Lumen der Zelle erfüllenden

*) Leptomitus lacteus gehört in jeder Beziehung in die Nachbarschaft von Saprolegnia. Die dichotomischen Fäden sind ebensowenig gegliedert als bei Saprolegnia, sondern nur durch regelmässige Stricturen in Abtheilungen getheilt, welche für geschlossene Zellen gehalten wurden. Erst bei eintretender Fructification schliessen sich einzelne, meist endständige Abtheilungen wirklich ab, schwellen etwas an und werden zu Sporenbehältern. Bewegliche Gonidien scheinen zu fehlen.

Digitized by Google

Inhalts einerseits, und eines zum wandständigen Ueberzuge ausgehöhlten Inhaltes anderseits, verbindet. Der Zellinhalt von Sphaeroplea stellt vor Eintritt der Fructification einen Wandüberzug dar, der sich aber bei der Vorbereitung zur Bildung der Fortpflanzungszellen nicht, wie in den vorausgehenden Beispielen, als solcher erhält, sondern gänzlich zusammenfällt, wesshalb auch die aus der Umgestaltung desselben hervorgehenden Sporen schon in ihrer ersten Bildung nicht der Zellwand ansitzen, sondern frei im Lumen der Zelle liegen, je nach ihrer Grösse im Verhältniss zum Durchmesser der langröhrigen Mutterzelle bald in eine Reihe geordnet, wie diess bei Sph. Leibleinii K. der Fall ist, bald in zwei oder mehrere, wie bei Sph. Trevirani K.*) und Braunii K. Der Lage der Sporen nach kann man diesen Fall mit mehr Recht, als die vorausgehenden, als eine freie Zellbildung bezeichnen, allein auch hier ist es der ganze Zellinhalt, mit blossem Ausschluss einer wässrigen Flüssigkeit, welcher in mehrere, sich neu individualisirende Massen zerfällt. Dass diese Massen gleich in ihrer Entstehung sich sondern, die Mutterzelle nur locker erfüllen und sich untereinander nur wenig oder gar nicht berühren, hat seinen Grund in der mit der Bildung ruhender Samenzellen verbundenen Condensirung des Inhalts und der reichlichen Menge wässriger Flüssigkeit, welche dabei ausgeschlossen wird. Alle consistenteren Theile des Inhalts, der dickflüssigere Schleim, das früher ringbildende Chlorophyll mit den äusserst kleinen grünen Körnchen darin, so wie die während des Auflösungsprozesses nicht verschwindenden Amylonkörner **) werden gleich bei der ersten Entstehung der Sporen aufgenommen; sie werden nicht erst allmählig aufgezehrt, sondern in der ersten Bildung zusammengefasst, woraus sich auch die Erscheinung erklärt, dass die Sporen nicht mit kleinen Anfängen in der Mutterzelle beginnen und allmählig wachsen, sondern umgekehrt im ersten

---

*) Meyen, Pflanzenphysiol. III. t. 10. f. 17.

**) Jede einzelne Spore schliesst bei ihrer Bildung mehrere der vorhandenen Amylonkörner ein.

Digitized by Google

Momente der Bildung grösser sind als später, nachdem sich ihre Masse mehr condensirt hat. Es erscheint somit auch dieser Fall als eine mit Theilung verbundene Neugestaltung des ganzen Zellinhalts, besonders modificirt durch die Condensation der neugebildeten Zellen und die damit verbundene Zurückziehung von der Mutterzellhaut, eine Zurückziehung, wie wir sie auch bei Neubildung ohne Theilung an der Spore von Oedogonium gesehen haben, oder wie wir sie in der Familie der Zygnemaceen (bei Vermischung zweier Zellinhalte zur Bildung einer Spore) kennen.

E. Partielle Neubildung durch Bildung von Tochterzellen im Inhalte als solcher fortbestehender Mutterzellen. Diese Art der Zellbildung unterscheidet sich von allen vorhergehenden dadurch, dass die Mutterzelle nicht in der Neubildung aufgeht, sondern die Bildung der Tochterzellen überlebt, indem der Inhalt der Mutterzelle nicht ganz, sondern nur theilweise zur Bildung neuer Zellen verwendet wird. Während in allen vorausgehenden Fällen die neugebildeten Zellen als mehr oder minder bedeutende Verwandlungen der Mutterzelle erscheinen, sehen wir hier eine Neubildung im vollkommensten Sinne, indem die alte Zelle ungeachtet der in ihr vorgehenden Neubildungen als solche fortbesteht. In allen vorausgehenden Fällen bleibt nach Bildung der Tochterzellen von der Mutterzelle nichts übrig als die unwesentliche Haut, hier dagegen sehen wir die Tochterzellen in dem lebendigen, ungetheilt fortbestehenden Inhalte der Mutterzelle eingeschlossen.

1. Die Tochterzellen entstehen (ohne Zellkern?) dicht an der Zellwand, an der sie während ihrer Ausbildung fest anliegen. So verhält sich die von Nägeli*) beschriebene Bildung der Keimzellen von Valonia. In den länglichen, im ausgewachsenen Zustande $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Zoll langen Schläuchen dieser einzelligen Meeresalge bildet der organische Inhalt einen dünnen Wandüberzug, während die grosse Höhle mit salzigem Wasser erfüllt ist. Die Schleimschichte ist mit netzartig geordneten oder zerstreuten

*) Die neueren Algensyst. p. 155 — 157. t. II. f. 7 — 24.

Chlorophyllbläschen besetzt. An einzelnen Stellen, namentlich im Grunde, sparsamer im Scheitel der Zelle, bilden sich die Keimzellen, bald einzeln, bald gruppenweise verbunden. Sie entstehen nach Nägeli als kleine farblose Schleimkügelchen, welche mit zunehmendem Wachsthum eine deutliche Membran und einen grünen körnigen Inhalt bekommen, indem sich kleine Chlorophyllbläschen in denselben bilden. Die ausgebildeten Keimzellen liegen als plattgedrückte Scheibchen fest an der Zellwand an. Diejenigen, welche am oberen Ende der Mutterzelle sich befinden, keimen gewöhnlich auf der noch fortlebenden Mutterzelle, indem sie die wahrscheinlich lokal erweichte Mutterzellhaut durchbrechen, zugleich aber mit ihrer Basis die Oeffnung wieder verstopfen. Durch dieses Hervorwachsen der jungen Individuen aus den alten entsteht die eigenthümliche Verzweigung der Valonia. Die Keimzellen im unteren Theile des Schlauchs, welche unentwickelt zurückbleiben, werden wahrscheinlich erst durch die Verwesung des Mutterindividuums frei, um sich zu getrennten, neue Familienstöcke bildenden Individuen zu entwickeln. Von der unter D. 2. an Hydrodictyon näher beschriebenen Zellbildungsweise unterscheidet sich der hier erwähnte Fall dadurch, dass nicht die ganze wandbekleidende Schleimschicht in neue Zellbildung übergeht, sondern nur einzelne Stellen derselben; dass ferner die neuen Zellen in der noch fortlebenden Mutterzelle eine allmählige Vergrösserung zeigen, während sie bei Hydrodictyon schon in der ersten Bildung diejenige Grösse erreichen, welche sie überhaupt innerhalb der Mutterzelle zu erreichen bestimmt sind. Ueber das Verhalten der Chlorophyllbläschen an denjenigen Theilen der Mutterzellwand, an welchen die Keimzellenbildung eintritt, giebt die Darstellung von Nägeli keinen Aufschluss.

In dieselbe Familie mit Valonia gehört ohne Zweifel Botrydium. Meine bereits (p. 136. 206) angeführten Beobachtungen über die Keimzellenbildung dieser Gattung sind nicht vollständig genug um zu entscheiden, ob dieselbe hier mit Recht als Beispiel angeführt wird. Die Keimzellen sitzen bei Botrydium an der ganzen inneren Wand des blasenförmigen überirdischen Theiles der Zelle, ziemlich dicht beisammenstehend, jedoch ohne sich zu berühren; sie

Digitized by Google

zeigen in demselben Individuum eine ziemlich bedeutende Grössenverschiedenheit, was ein Wachsen derselben innerhalb der Mutterzelle anzuzeigen scheint. Gleichzeitig mit ihrer Ausbildung quillt die Mutterzellhaut auf, wird weich und sinkt zusammen. Nach Kützing*) keimen jedoch die Sporen oft schon vor dem Einsinken der Mutterschläuche, auf der Oberfläche derselben als ein körniger Ueberzug hervorbrechend.

2. Die Tochterzellen (meist mehrere, sehr selten nur eine einzige) bilden sich (um Kerne) frei im Inhalte der Mutterzelle. Die Bezeichnung „freie Zellbildung", welche wohl am meisten auf die hier zu betrachtende Modification passt, ist bisher auch noch auf manche andere, bereits betrachtete Arten der Zellbildung angewendet worden. Dem blossen Worte nach kann man diesen Ausdruck in zwei sehr verschiedenen Bedeutungen gebrauchen, je nachdem man die Zellbildung im Resultat oder in der Entstehung als eine freie bezeichnen will. Im ersteren Sinne sprechen wir von freier Zellbildung im Gegensatz zur Bildung des gebundenen Gewebes, wobei die Tochterzellen zwar ursprünglich mit der Mutterzelle und unter sich in innigster Berührung stehen können, aber nicht oder nicht so fest verwachsen dürfen, dass sie nicht endlich durch Zerreissung oder Resorption der Mutterzellen frei werden könnten. Solche Bildung freier Zellen haben wir gesehen unter A. 2. (Gonidienbildung von Oedogonium, Bildung der Pollenkörner etc.), B. 2. (Gonidienbildung von Ulothrix, Characium etc.), D. 1. (Sciadium, Chytridium), D. 2. (Ascidium, Cladophora). Die freie Zellbildung im letzteren Sinne, in welchem sie z. B. von Nägeli gefasst wird**), begreift gleichfalls noch zwei sehr verschiedene Reihen von

*) Ueber ein neues Botrydium in den nov. act. nat. cur. Vol. XIX. II. p. 388. t. 69. f. 4.

**) Zeitschr. 1846. p. 51. „Bei der freien Zellbildung isolirt sich ein kleinerer oder grösserer Theil des Inhalts, wohl auch der ganze Inhalt einer Zelle. An seiner Oberfläche bildet sich eine vollständige, an ihrer äusseren Fläche überall freie (weder an die Wandung der Mutterzelle, noch an diejenigen der Schwesterzellen angelehnte) Membran".

Digitized by Google

Fällen: entweder nämlich ist die Entstehung nur in sofern eine freie, als die durch Umbildung des ganzen Inhaltes der Mutterzelle (mit oder ohne Theilung desselben) entstehenden Tochterzellen gleich im Momente ihrer Constituirung sich durch Zusammenziehung ihrer Masse von der Mutterzellhaut ablösen, dessgleichen auch unter sich auseinanderweichen, wie wir diess unter A. 2. (Sporenbildung von Oedogonium), D. 2. (Sphaeroplea) gleichfalls schon betrachtet haben; oder die Entstehung ist selbst in Beziehung auf die Begrenzung der ursprünglichen Inhaltsmasse, aus welcher die neue Zelle sich bildet, eine freie, indem die Tochterzellen nicht aus dem ganzen Inhalt der Mutterzelle, sondern aus getrennten, unter sich nicht zusammenhängenden Parthien desselben gebildet werden. Diese letzte Reihe von Fällen ist es, welche, wenn man überhaupt diese Bezeichnung beibehalten will, den Namen der freien Zellbildung vorzugsweise verdient, wobei der Umstand, ob die neugebildeten Zellen an der Mutterzellwand anliegen (E. 1.) oder nicht, dessgleichen, ob sie sich in der Folge unter einander zum geschlossenen Gewebe verbinden (wie wir bei den Endospermzellen sehen werden) oder nicht, als minder wesentlich zu betrachten ist.

a. Es bildet sich eine freie Tochterzelle um den primären Kern der Mutterzelle. Von den unter A. 2. betrachteten Fällen, z. B. der Bildung des Pollenkorns in seiner Specialmutterzelle, ist der hier erwähnte dadurch verschieden, dass die Tochterzelle nicht den ganzen Inhalt der Mutterzelle in sich fasst, sondern sich frei im Inhalte derselben befindet, so dass vor oder nach ihrer Bildung noch andere Tochterzellen im Inhalte derselben Mutterzelle entstehen können. Dieser sonderbare und höchst seltene Fall ist von Hofmeister im Embryosack von Funkia coerula*) beobachtet und in folgender Weise beschrieben worden. Ungefähr um die Zeit des Aufblühens, noch vor eingetretener Befruchtung, nachdem sich die Keimbläschen

*) Hofmeister, die Entstehung des Embr. der Phan. p. 13. t. VII. f. 8. 9. 10. Eine ähnliche Erscheinung wird p. 10 von Asphodelus luteus beschrieben.

bereits gebildet haben, entsteht um den noch vorhandenen primären Kern des Embryosacks eine neue Zelle, welche im unteren Dritttheil desselben nur einen kleinen Theil seines innern Raumes einnimmt. Nach der Bildung dieser Zelle löst sich der ursprüngliche Kern auf, an dessen Stelle in der Tochterzelle 2 oder mehrere kernartige Gebilde erscheinen, um welche sich jedoch keine weiteren Zellen zu bilden scheinen. Ueberhaupt gehört die Bildung dieser centralen Tochterzelle zu den mancherlei frühzeitig wieder verschwindenden Bildungen, welche im Embryosack vorkommen. Einen ähnlichen Vorgang beschreibt derselbe Beobachter in den Endospermzellen von Ornithogalum sulphureum*), in welchen, nachdem sie sich bereits parenchymatisch verbunden haben, sich gleichfalls um den noch vorhandenen primären Kern eine neue, die Mutterzelle nicht ausfüllende Tochterzelle bildet, welche sich zuweilen durch Theilung verdoppelt, und um welche sich später noch andere freie Zellen zu bilden scheinen.

b. Es bilden sich mehrere freie Tochterzellen um neugebildete Kerne**). Der Kern der Mutterzelle besteht während der Bildung solcher freier Tochterzellen häufig noch fort, durch die von ihm ausgehenden Schleimstrahlen die im Inhalt der Mutterzelle fortdauernde Lebensthätigkeit anzeigend. Die Zahl der Tochterzellen scheint nie eine scharf bestimmte zu sein. Alle hieher gehörigen Fälle finden sich im Embryosack der Phanerogamen, ja es ist zweifelhaft, ob ähnliche irgend sonst wo in der Bildungsgeschichte der Pflanze vorkommen. Wir haben zu betrachten:

α. Die Bildung der Keimbläschen. Der sogenannte Embryosack oder Keimsack ist eine letzte Zelle der Mutterpflanze, die oberste in der axilen Zellreihe des Samenknöspchens, bestimmt der Heerd der Fortpflanzung, die Mutterzelle neuer Individuen zu werden; die in ihm sich bildenden Keimbläschen

---

*) L. c. p. 14. t. XIV. f. 17—19.

**) Ueber die Entstehung der Kerne selbst ist besonders zu vergleichen Hofmeister l. c. p. 11.

Digitized by Google

sind die Anfänge der neuen Individuen selbst, die einzelligen Keime neuer Pflanzen. Sie bilden sich schon vor der Zeit der Ausstreuung des Pollens, indem im oberen (d. i. der Kernspitze und dem Samenmund zugewendeten) Theile des Embryosacks, in welchem sich das Protoplasma vorzugsweise anhäuft, freie Zellkerne entstehen, um welche bald darauf scharfbegrenzte Inhaltsmassen, die aus dem ganzen Inhalte des Keimsacks gleichsam ausgeschnitten werden, erscheinen. Die Zahl der Keimbläschen beträgt meist 3 *), selten mehr **), zuweilen nur 2 ***), sehr selten ist nur ein einziges vorhanden, in welchem Falle jedoch die Mehrzahl zur Zeit der ersten Bildung durch drei Zellkerne, von denen zwei wieder verschwinden, ohne Zellen um sich gebildet zu haben, angedeutet wird †). Die neugebildeten Keimbläschen sind anfangs rundlich, strecken sich aber alsbald in die Länge; sie berühren sich anfangs nur wenig, mit zunehmender Grösse aber drängen sie sich enger im oberen Ende des Keimsacks zusammen. Gewöhnlich kommt nur eines derselben zur Ausbildung, hinter welchem die anderen schon vor der Befruchtung im Wachsthum zurückbleiben ††), oder selbst schon um diese Zeit absterben und aufgelöst werden †††). Zur Zeit der Befruchtung presst sich das zur Ausbildung bestimmte Keimbläschen mit seinem der Micropyle zugewendeten Ende fest an die innere Wand des Keimsacks an, an welche sich von aussen der Pollenschlauch anlegt, welche doppelte Verbindung sich bis zur Verwachsung steigern kann. Im übrigen bleibt das Keimbläschen während seiner Fortbildung zum Vorkeim und Keimling völlig frei, ausser aller Verbindung mit den übrigen Zellbildungserscheinungen im Embryosack sich entwickelnd, ja selbst verdrängend und

*) Vergl. z. B. Sorghum l. c. t. XI. f. 22. 23; Canna t. IV. f. 3. 5; Godetia t. V. f. 5.

**) Z. B. bei Funkia coerulea l. c. p. 16.

***) Z. B. bei Polygonum orientale l. c. t. XII. f. 18. 20.

†) Z. B. bei Agrostemma Githago l. c. t. II. f. 20—22.

††) Vergl. Zea Mays l. c. t. XI. f. 4; Godetia l. c. t. V. f. 5. 6. und bot. Zeit. 1847. t. VIII. f. 10.

†††) Z. B. bei Canna l. c. t. IV. f. 6.

Digitized by Google

zerstörend in dieselben eingreifend, so dass es uns nicht bloss in seiner ersten Bildung, sondern auch in seinem weiteren Verhalten das Beispiel der freiesten und selbstständigsten Zellbildung gewährt, welche die Pflanze aufzuweisen hat.

β. Bildung von Schwindezellen im Keimsack. Ausser den schon erwähnten nicht zur Entwicklung kommenden Keimbläschen finden sich noch andere Zellbildungen im Embryosack, welche nur vorübergehend auftauchen; freie Zellen, welche kaum gebildet, ja oft noch vor Abschluss ihrer Bildung, als blosse Zellkerne, sich wieder auflösen und spurlos verschwinden. Dahin gehören insbesondere die im unteren (der Basis des Kerns oder Chalaza zugewendeten) Theile des Embryosacks auftretenden, in Bildungsweise, Zahl und Form mit den Keimbläschen mehr oder weniger übereinstimmenden, aber niemals zu Embryonen sich entwickelnden Zellen, welche sich in Hofmeister's viel angeführter Schrift bei der Mehrzahl der von ihm untersuchten Pflanzen dargestellt finden *). Diese sonderbaren Gegenfüssler der Keimbläschen entstehen entweder gleichzeitig mit den letzteren, oder erst etwas später **), ausnahmsweise aber auch früher ***); sie verschwinden meist schon vor der Befruchtung wieder †), oft schon als blosse Zellkerne, seltener erhalten sie sich noch einige Zeit nach der Befruchtung und verschwinden erst während der Bildung der Endospermzellen ††).

---

*) Sie scheinen zu fehlen bei Polygonum orientale (t. XII. f. 18. 19), Agrostemma Githago (t. II. f. 18—22), Godetia (t. V. f. 4. 5); in besonders grosser Zahl zeigen sie sich bei Sicyos (t. XIII. f. 3—5); oft nur eine einzige, aber von ungewöhnlicher Grösse, erscheint bei Hyacinthus orientalis (t. VI. f. 3).

**) Z. B. bei Orchis l. c. t. II. f. 2. 3. 4.

***) Z. B. bei Crocus l. c. t. IV. f. 14.

†) Z. B. bei Ecbalium l. c. t. XIII. f. 6—9.

††) Z. B. bei Hyacinthus orientalis l. c. t. VI. f. 4. b.; Helianthus annuus t. XIII. f. 18—20.

Digitized by Google

γ. **Bildung des Endosperms durch freie Zellbildung im Keimsack.** Die Lebensthätigkeit des Keimsacks erhält sich, ungeachtet der in seinen beiden Enden stattfindenden Bildung der Keimbläschen und Schwindezellen, im Ganzen ungestört; der primäre Zellkern desselben besteht gewöhnlich fort*), ja er vergrössert sich oft noch nach der Bildung der Keimbläschen bedeutend**). Erst während oder kurz vor der Zeit der Befruchtung löst sich der Kern des Keimsacks auf und es tritt eine durchgreifendere Neubildung im Innern desselben ein, die sich in der Erzeugung zwar gleichfalls freier***), aber so zahlreicher Tochterzellen ausspricht, dass das selbstständige Leben desselben bald erschöpft und die ganze Höhle mit den sich aneinanderschliessenden neugebildeten Zellen erfüllt wird. Das auf diese Weise entstehende Gewebe ist das Endosperm oder sogenannte Albumen des Samens, in welches der in der Entwicklung begriffene Keim der neuen Pflanze sofort eingebettet wird. Die Endospermzellen entstehen, wie die Keimbläschen, als freie Kerne in der Flüssigkeit des Embryosacks †), welche sich in der Folge mit Inhaltsmassen umgeben und mit Membranen bekleiden. Sehr bald verbinden sich die so gebildeten Zellen zu einem geschlossenen Parenchym, welchem man den Ursprung aus freien Zellen nicht mehr ansieht ††). Die

---

*) Vergl. z. B. Sorghum l. c. t. XI. f. 22; Hyacinthus t. XIV. f. 2; Erodium t. III. f. 17; Helianthus t. XIII. f. 17. Selten verschwindet der Kern des Embryosacks schon vor Bildung der Keimbläschen, z. B. bei Orchis t. I. f. 32.

**) Z. B. bei Agrostemma t. II. f. 18—22; Bartonia t. II. f. 34—40; Fritillaria imperialis t. VIII. f. 6—9.

***) Des seltneren Falles der Endospermbildung durch Zelltheilung wurde schon früher (p. 265) Erwähnung gethan.

†) Vergl. die betreffenden Figuren Hofmeisters von Godetia (bot. Zeit. 1847. t. VIII. f. 25. a); Fritillaria imperialis (Entst. des Embr. t. VIII. f. 11); Ecbalium (t. XIII. f. 11); Helianthus (t. XIII. f. 20); Linum (t. XIV. f. 4. 8).

††) Vergl. Schleiden, Beiträge zur Botanik, t. VI. f. 69. 76. 77 (aus dem Albumen von Chamaedorea Schiedeana).

Digitized by Google

zellige Erfüllung des Embryosacks mit Endospermzellen wird jedoch nicht auf einmal vollendet, sondern schreitet allmählig von der Peripherie nach dem Centrum fort, indem die successiv entstehenden Endospermzellen sich schichtenweise der Innenwand des Embryosacks anlagern*). Bei den Gramineen scheint die Bildung dieser Schichten besonders regelmässig vor sich zu gehen. Nach den Beobachtungen von Hofmeister**) ordnen sich die in die Schleimschicht, welche den Embryosack auskleidet, eingebetteten Zellkerne mit einer gewissen Regelmässigkeit, indem sie in gleichen Entfernungen auf der Innenwand des Embryosacks sich vertheilen. Indem um jeden dieser Kerne, und zwar für alle gleichzeitig, eine Zelle entsteht, wird der Embryosack von einer Zellschicht, der ersten des Endosperms, ausgekleidet. Auf ihrer Innenseite schlägt sich bald eine zweite Schichte von Zellen in ähnlicher Weise nieder, ihr folgt eine dritte und sofort. Abgesehen von der schichtenweisen Wiederholung erinnert dieser wandbekleidende Zellbildungsprozess sehr an den unter D. 2. betrachteten; durch die mit der Bildung der innersten Endospermzellen eintretende Erschöpfung des Inhalts des Embryosacks (d. i. der Mutterzelle) schliesst er sich an D. 1. an.

Betrachten wir die sämmtlichen Zellbildungserscheinungen im Embryosack in ihrem Zusammenhang, so zeigen sie uns den in seiner Art einzigen Fall einer Mutterzelle, in welcher zu verschiedenen Zeiten verschieden geartete Tochterzellen erzeugt werden. Alle diese Tochterzellen gehören nicht mehr der Gewebebildung der Mutterpflanze an; sie sind, als frei entstehende Zellen, alle in gewissem Sinne Fortpflanzungszellen, neue Individuen, aber von den vielen Schwestern ist meist nur eine der erstgeborenen zur vollkommenen Entwicklung bestimmt, während die Mehrzahl der anderen der auserwählten

*) Vergl. Schleiden und Vogel, über das Albumen, in den Act. nat. cur. XIX. II. t. 42. f. 42. 43 (Tetragonolobus purpureus) und f. 49. 50 (Baptisia exaltata); ferner Hofmeister l. c. t. XII. f. 25 (Polygonum orientale) und t. XIII. f. 21 (Helianthus annuus).

**) L. c. p. 30. t. XI. f. 25. 26. 29 (Sorghum bicolor).

Digitized by Google

in ihrer frühsten Kindheit Ammendienste leisten müssen. Die Verschiedenheit der im Embryosack sich bildenden Zellen mag wohl auch dem Vorkommen doppelgestaltiger, theils fertiler, theils steriler Keimzellen bei den Algen verglichen werden; die parenchymatische Verbindung der in ihrer Entstehung freien Endospermzellen erinnert an die regelmässige Verbindung der vorher freien Keimzellen von Hydrodictyon und Pediastrum.

In dem Abschnitte von der freien Zellbildung werden von Nägeli*) auch die Erscheinungen abnormer Zellbildung behandelt, welche im absterbenden Inhalte alter Zellen beobachtet werden. Die Bildungsweise dieser abnormen Zellen stimmt allerdings am meisten mit den zuletzt erörterten Fällen überein, hat aber das Eigenthümliche, dass die der Auflösung und dem Absterben des übrigen Zellinhaltes entgehenden Neubildungen entweder gar keiner oder nur einer abnormen Entwicklung fähig sind, indem sie zu krankhaften Bildungen oder Afterorganismen herabsinken. Die Beschaffenheit solcher abnormer Zellen ist höchst mannigfaltig und wandelbar; merkwürdig ist namentlich das Vorkommen kugeliger, ruhender, sporenähnlicher Zellen (z. B. in alten Closterien**)), so wie die Erscheinung beweglicher, infusorienähnlicher Gebilde, welche nicht selten im Inneren absterbender Zellen grüner Süsswasseralgen (z. B. Oedogonium, Spirogyra) vorkommen und sich von normalen Schwärmzellen durch unregelmässigere Formen, wechselndere Grösse, langsamere Bewegung und meist braungelbe Inhaltsmassen, von hyalinem feinkörnigem Schleime umgeben, unterscheiden. Bei Sphaeroplea sah ich öfters solche Pseudogonidien in denselben Zellen mit normalen Sporen sich bilden. Derartige abnorme Bildungen sind wohl öfters mit den normalen Fortpflanzungszellen der Algen verwechselt worden. Die Zukunft wird uns in diesem noch wenig bearbeiteten Gebiete gewiss noch manche interessante Erscheinungen aufdecken.

*) Zeitschr. 1847. p. 24. t. III. f. 1—3 (von Bryopsis Balbisiana).
**) Meyen, Pflanzenphys. III. t. 10. f. 24.

Digitized by Google

In der vorausgehenden Uebersicht der Modificationen, in welchen der Verjüngungsprozess der Zellen zu neuen Bildungen fortschreitet, haben wir, als sehr gewöhnliche Begleitung der Neubildung, die Theilung der Zelle, und zwar in mannigfaltiger Weise, eintreten sehen. Diese Theilungsvorgänge sind es, an welche zunächst die Entwicklung des Gewebes mit seinen Verschiedenheiten, an welche (bei den höheren Gewächsen) selbst die Entwicklung der Gegegensätze der äusseren Organe, an welche endlich auch die Vervielfältigung der Individuen, sowohl durch vegetative Vermehrung, als durch eigentliche Fortpflanzung geknüpft ist. Auch die Bildung der freien Fortpflanzungszellen ist ja insofern als Theilung zu bezeichnen, als ihre Entstehung auf der Sonderung eines Theiles des Inhalts der Mutterzelle beruht. Gegenüber diesem Streben nach Scheidung und Sonderung, nach Entwicklung zur Vielheit, sowohl zur Vervielfachung des Gleichen, als zur Herausgestaltung der verschiedenen Lebensrichtungen in vielartigen Gebilden, zeigt uns die Pflanze in gewissen Schluss- und Uebergangsperioden auch umgekehrt ein Streben nach Wiedervereinigung des Getrennten, sei es durch Sammlung und Verbindung des Gleichartigen, sei es durch Zusammenführung der Gegensätze. In den oberen Abtheilungen des Gewächsreichs tritt uns diese Erscheinung in mannigfacher Weise entgegen. Die innigere Verbindung der Organe auf den obersten Stufen der Metamorphose, die Verwachsung der Theile in den einzelnen Quirlen der Blüthe, ja selbst ganzer Quirle von Blüthentheilen untereinander*), besonders aber die Verwachsung der Fruchtblätter zur geschlossenen Fruchtknospe zeigen uns das Streben nach Vereinigung des Getrennten im morphologischen, die Befruchtungserscheinungen im physiologischen Gebiete. Aber auch bei den niedrigsten Gewächsen, welchen die Verschiedenheit der Organe und der Gegensatz der Geschlechter noch nicht zukommt, deren ganzer vegetativer Lebenscyclus auf die Entwicklung einer einzigen Zelle oder einer Reihe unter sich gleichartiger Zellen

*) wodurch die perigynischen und epigynischen Einfügungen entstehen.

Digitized by Google

beschränkt ist, finden wir Bethätigungen dieser vereinigenden und sammelnden Lebensrichtung. Hieher gehört vorzüglich die bei Algen und Pilzen vorkommende Erscheinung, welche man mit dem Namen der Copulation der Zellen belegt hat, eine Erscheinung, welche immer nur am Schlusse der vegetativen Ausbildung, gewöhnlich am Schluss einer durch Theilungsvermehrung entstandenen Generationsreihe einzelliger Individuen eintritt und, direkt oder indirekt, die Bildung von Fortpflanzungszellen, als Uebergangszellen zu einem neuen vegetativen Cyclus, zum Zwecke hat *). Bei der vorausgehenden Uebersicht der Zellbildungsverhältnisse habe ich die durch Copulation bedingten absichtlich nicht mit eingeflochten; als das Gegentheil aller mit Theilung verbundenen Zellbildungsarten verdienen sie eine besondere Betrachtung, durch welche ich, bei der Unzulänglichkeit der meisten Beschreibungen der hieher gehörigen Fälle, zugleich einen Orientirungsversuch zur Leitung bei künftigen Beobachtungen beabsichtige. Wir beschränken den Begriff der Copulation in der folgenden Zusammenstellung auf diejenigen Fälle, bei welchen 1) zwei vorher wirklich getrennte Zellen sich verbinden **); 2) die Verbindung durch wirkliche Ineinandermündung, nicht durch blosse Aneinanderlegung der Zellwände vor sich geht ***); 3) eine unmittelbare Vermischung eines bildungsfähigen Zellinhaltes †) statt findet.

---

*) Vergl. oben p. 141 (Diatomaceae), p. 142 — 144 (Desmidiaceae, Zygnemaceae).

**) Dadurch werden die mit der Copulation vermischten, nachher genauer zu betrachtenden Erscheinungen bei der Sporenbildung von Melosira, Oedogonium und Bulbochaete ausgeschlossen.

***) Hiedurch wird die blosse Anlegung anderer Zellen an die Mutterzelle der Sporen, wie sie bei Coleochaete und Saprolegnia vorkommt, so wie die Verbindung des Pollenschlauchs mit dem Embryosack ausgeschlossen.

†) Hiedurch wird die Ineinandermündung der farblosen Zellen der Blätter von Sphagnum, Dicranum glaucum und einigen anderen weissblättrigen Moosen, so wie die Verbindung langröhriger Spiralfaserzellen zu sogenannten Gefässen ausgeschlossen.

Digitized by Google

Bei der eigentlichen Copulation vereinigen sich somit zwei vorher getrennte Zellen in der Art, dass sie im verbundenen Zustande nur als eine Zelle zu betrachten sind, deren beide Hälften bald unterscheidbar bleiben, indem sie nur durch eine enge Mündung (isthmus) oder durch einen Kanal (trabecula) zusammenhängen, bald aber auch so vollständig zusammenfliessen, dass die früheren Grenzen gänzlich verschwinden. An einer solchen Vereinigung nehmen entweder alle Theile (Haut und Inhalt) der sich verbindenden Zellen Theil, oder die Zellhaut, und zwar entweder die ganze oder nur die äussere, geht nicht mit in die Verbindung ein, sondern lässt, aufspringend, die Innenhaut oder den blossen Inhalt (mit Primordialschlauch) zur Copulation gelangen. In diesem Falle kann es auch geschehen, dass der Inhalt sich innerhalb der Zellhaut kurz vor Eintritt der Copulation theilt, so dass 2 Zellen durch doppelte Inhaltscopulation zweier aufspringender und sich entleerender Mutterzellen gebildet werden. Die auf irgend eine von diesen Arten gebildete Copulationszelle ist entweder schon selbst Fortpflanzungszelle, oder die letztere wird erst durch eine weitere Umgestaltung des vereinigten Inhalts innerhalb der Copulationszelle, und zwar bald in einer der beiden Hälften derselben, bald in dem Verbindungsstück beider Hälften, gebildet; sie ist meistens eine ruhende Spore, seltener ein bewegliches Gonidium, am seltensten theilt sich der vereinigte Inhalt bei seiner Umgestaltung zum Behufe der Fructification in mehrere Zellen. Diese und andere minder wesentliche Verschiedenheiten bedingen die Mannigfaltigkeit der Fälle, in welcher uns das Copulationsphenomen insonderheit bei einigen Familien der Algen entgegentritt, während es unter den Pilzen bis jetzt nur bei einer einzigen Gattung, und zwar in einer von allen übrigen abweichenden Modification, beobachtet worden ist. In der folgenden Uebersicht will ich den bekannten Beispielen, soweit es möglich ist, eine Stelle anzuweisen suchen:

A. Copulation gleicher Zellen. Die sich verbindenden Zellen können entweder frei und isolirt sein, wie bei den meisten Diatomaceen und Desmidiaceen, oder sie können Glieder mehrzelliger Fäden sein, wie bei den

Digitized by Google

Zygnemaceen. Bei vereinzelten Zellen geschieht die Verbindung meist durch die Seiten der Zelle, entweder durch parallele oder durch gekreutzte Annäherung (copulatio lateralis parallela, decussata); sehr selten durch die Spitzen der Zelle (copulatio apicalis). Bei gegliederten (vielzelligen) Fäden geschieht die Verbindung entweder so, dass je zwei aufeinanderfolgende Zellen desselben Fadens mit ihren zugekehrten Enden durch seitliche Fortsätze ineinandermünden, was wir als Kettenverbindung (copulatio catenativa) bezeichnen wollen; oder so, dass die Glieder zweier verschiedener Fäden (oder auch, was ebensogut geschehen kann, verschiedener, durch Umbiegung sich aneinanderlegender Theile desselben Fadens) mit den Seiten sich vereinigen: Jochverbindung (copulatio conjugativa), in welchem Falle die Zellen sich entweder knieförmig beugen, um sich zu erreichen (conjugatio genuflexa), oder, ohne sich zu beugen, durch sich entgegenwachsende und in einen Querkanal zusammenfliessende Fortsätze vereinigt werden (leiterartige Verbindung, conjugatio scalaris). Diese Unterschiede sind jedoch minder wesentlich als die der folgenden Unterabtheilung zu Grund gelegten:

1. Die copulirenden Zellen vereinigen sich im Ganzen (mit Haut und Inhalt) und bilden, völlig ineinanderfliessend und ohne eine Haut abzulegen, eine Samenzelle. Die Samenzelle entsteht in diesem Fall als das direkte Resultat der Copulation, nicht erst durch eine weitere Umgestaltung des Inhalts nach der Copulation; die Copulationszelle ist selbst Samenzelle, erzeugt die letztere nicht erst als neue Zelle in sich. Hieher gehört Palmogloea, deren merkwürdige, in ihrer Art einzige*)

*) Im Thierreich kommen analoge Fälle bei Infusorien vor. Vergl. Kölliker, über Actinophrys Sol in C. Th. v. Siebold und A. Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 1r Band (1849) p. 207. Die in Ehrenberg (die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen) t. 31. f. VIII. als Actinophrys difformis abgebildeten Formen stellen ohne Zweifel Copulationszustände von Actinophrys Sol dar.

Digitized by Google

Copulation von Kützing nur in ihren Anfängen dargestellt*), von Thwaites zwar in ihrem weiteren Verlauf beschrieben, aber, indem er eine Absorption der Zellhäute der sich verbindenden Zellen annahm, gerade in ihrer wesentlichsten Eigenthümlichkeit nicht erkannt wurde**). Meine eigenen Beobachtungen über die Copulation von Palmogloea habe ich schon im Vorausgehenden angeführt***); die genauere Beschreibung des Vorgangs, nebst Bemerkungen über die Species, an welcher die Beobachtung gemacht wurde, folgt im Anhang.

2. Die copulirenden Zellen vereinigen sich mit Zurücklassung der äusseren Haut, bloss von einer zarten inneren Zellhaut bekleidet, direkt zur Bildung einer Fortpflanzungszelle. Das Vorkommen dieses Falles ist nicht unwahrscheinlich, aber mit Gewissheit noch nicht ermittelt.

3. Die copulirenden Zellen verbinden bloss ihren (vom Primordialschlauch begrenzten) Inhalt um die Fortpflanzungszelle zu bilden; die aufspringende Zellhaut wird zurückgelassen. Hieher gehört sehr wahrscheinlich die Copulation vieler Diatomaceen †). Die Art und Weise wie nach den Beschreibungen von Thwaites ††) der Zellinhalt aus den sich spaltenden kieselhaltigen Zellhäuten hervortritt und, zwischen den entleerten Schalen der Mutterzellen sich rasch vereinigend, die Kugelform annimmt, lässt mit ziemlicher Gewissheit annehmen, dass hier die blossen Inhaltsmassen sich verbinden. Ein etwa von einer inneren Zellhaut gebildeter membranöser Verbindungskanal, innerhalb welches die Inhaltsmassen sich

---

*) Vorausgesetzt, dass dessen Palmogloea Meneghinii (tabulae phycologicae 24. III) wirklich zu dieser Gattung und nicht zu Cylindrocystis gehört.

**) Ann. and. mag. of nat. hist. 1849. p. 243. t. VIII. f. c. (als Coccochloris Brebissonii).

***) Vergl. p. 145. 210. und auf unserer Tafel I. die Fig. 1—40.

†) Vergl. p. 141.

††) Ann. and mag. of nat. hist. 1847. p. 9. 343; 1848. p. 161.

Digitized by Google

vereinigten, scheint nicht vorhanden zu sein. Da die copulirenden Individuen stets durch eine um diese Zeit eintretende reichliche Gallertabsonderung zusammengehalten werden, so lässt sich das Verharren der Zellpaare in ihrer genäherten Lage auch ohne Bildung membranöser Verbindungsröhren denken. Die durch Copulation gebildeten Fortpflanzungszellen der Diatomaceen haben keinen Samenschlaf, sondern gehen, wiewohl nicht beweglich, nach Art der Gonidien direkt in die vegetative Entwicklung über.

a. Der Inhalt beider Zellen vereinigt sich ohne vorhergehende Theilung; es wird somit nur ein Gonidium von zwei Mutterindividuen gebildet. So bei Himantidium*).

b. Der Inhalt theilt sich in beiden Zellen vor der Vereinigung in je 2 Massen; es werden somit durch doppelte Copulation des Inhalts 2 Gonidien von zwei Mutterzellen gebildet. Nach der Darstellung von Thwaites an Eunotia ist die der Copulation vorausgehende Theilung des Inhalts eine quere, mit der Theilungsrichtung bei der vegetativen Vermehrung sich kreutzende.

α. Die aus den zwei Gonidien sich entwickelnden, die Mutterzellen an Grösse bald übertreffenden neuen Individuen kreutzen sich mit den Schalen der Mutterzellen. So bei Eunotia turgida**).

β. Dieselben nehmen eine den Schalen der Mutterzellen parallele Lage an. So bei Cocconema***), Gomphonema†), Schizonema.

4. Die copulirenden Zellen verbinden sich unter Theilnahme der äusseren Haut; die Fortpflanzungszelle wird durch Zusammenziehung des von der inneren Zellhaut bekleideten Inhalts gebildet. Die Bildung der Fortpflanzungszelle (in den anzuführenden Fällen einer Spore) ist also hier nicht direktes Resultat der Copulation,

---

*) Thwaites l. c. 1847. t. 22. f. A. 1—7.
**) Daselbst t. 4.
***) Daselbst t. 22. f. C. 1 — 3.
†) Daselbst t. 22 f. B. 1 — 5.

Digitized by Google

sondern bildet sich erst im Inneren der Copulationszelle, und zwar in dem sich stark erweiternden Isthmus derselben, indem die zarte innere Haut sich während der Ausdehnung des Isthmus mit dem von ihr eingeschlossenen Inhalt aus den (wegen der Stärke der äusseren Zellhaut rigiden) Extremitäten der Doppelzelle zurückzieht, eine zuerst kreutzförmig-vierlappige, dann stumpf viereckige, zuletzt kugelige, mit mehrschichtig verstärkter Haut bekleidete Samenzelle in der bleibenden vierhörnigen Copulationszelle bildend. So ist nach der Darstellung von Ralfs höchst wahrscheinlich der Vorgang bei Cylindrocystis Brebissonii Menegh. (ex p.) *) zu verstehen. Die Theilnahme der äusseren Haut an der Copulation ist unzweifelhaft; es ist diess der hauptsächlichste Charakter, durch welchen sich die Gattung Cylindrocystis von Penium unterscheidet. Die Aehnlichkeit der viereckigen Innenzelle mit derjenigen von Tetmemorus, wo dieselbe unzweifelhaft von einer zarten inneren Zellhaut gebildet ist, spricht für die Anwesenheit der letzteren auch in diesem Falle. Nach der kreutzförmigen oder viereckigen Gestalt der Sporen lässt sich vermuthen, dass auch die Copulation der gleichfalls in die Gruppe der Closterinen gehörigen Gattung Stauroceras**), sowie diejenige der Zygnemaceengattung Staurospermum***) hieher gehört.

5. Die copulirenden Zellen verbinden sich unter Theilnahme der äusseren Haut; die Fortpflanzungszelle bildet sich aus dem blossen Inhalt, als neue Zelle innerhalb der Copulationszelle. Von dem vorausgehenden Fall ist dieser (der Mehrzahl der Zygnemaceen zukommende) durch die Nichttheilnahme der innersten Zellhautlamelle an der Bildung der Fortpflanzungszelle verschieden.

a. Mit leiterartiger Jochverbindung.

---

*) Penium (Cylindrocystis) Brebissonii Ralfs british Desmidieae p. 153. t. 25. f. 6.

**) Ehrenb. Infus. t. VI. f. 94. Ralfs l. c. t. 30. f. 4 (Stauroceras subulatum K.); daselbst f. 3 (St. acus K.); f. 5. (St. acutum Breb.).

***) Hassall, british freshwater algae t. 47—49.

Digitized by Google

α. Die Spore in dem Verbindungskanal oder Mittelstück der Doppelzelle. So bei Zygogonium*).

β. Die Spore in der einen Hälfte der Doppelzelle (in der Höhle der einen der beiden copulirten Mutterzellen). So gewöhnlich bei Spirogyra**) und Zygnema***).

γ. In jeder der beiden Hälften eine Spore. Dieser Fall kommt nur als Abnormität bei Spirogyra vor und scheint auf unvollständiger Ausführung der Copulation, indem die Verbindungsfortsätze sich zwar aneinanderlegen, aber nicht ineinander münden, zu beruhen†).

b. Mit knieförmiger Jochverbindung.

α. Die Spore in dem Verbindungskanal oder Mittelstück. So bei Mesocarpus††).

β. Die Spore (oder das Gonidium) in der einen Hälfte der Doppelzelle. Hieher Sirogonium†††) mit einer ganz wie bei Spirogyra gebildeten Spore, und die in ihrer Fortpflanzungsweise immer noch räthselhafte, wahrscheinlich ein bewegliches, die copulirten Mutterzellen sogleich nach der Bildung verlassendes Gonidium besitzende Gattung Mougeotia§).

c. Kettenartige Verbindung der Zellen desselben Fadens.

α. Die Spore in dem seitlichen Verbindungskanal der copulirten Zellen.

---

*) Vaucher, hist. des Conferves t. VII. f. 3 und 4; Hassall l. c. t. 39.

**) Vaucher l. c. t. IV und V; Hassall l. c. t. 18—25 und 27—32.

***) Vaucher l. c. t. VI. f. 4. t. VII. f. 1. 2; Hassall l. c. t. 38.

†) Vergl. Kütz. Phycol. gen. t. 15. f. I. 3. 4. 6 (von Spirogyra quinina).

††) Hassall l. c. t. 42—45.

†††) Hassall l. c. t. 26.

§) Hassall (l. c. p. 172) behauptet zwar, Mougeotia pflanze sich durch Zoosporen fort, allein er giebt über die Bildung derselben keine weitere Auskunft. Vaucher (l. c. p. 79. t. VIII) bildet aus Mougeotia die Abtheilung „Conjugées à tubes intérieurs“ und beschreibt das Hervortreten schon verlängerter, mehrzelliger junger Fäden aus den alten Zellen, eine Erscheinung, die sich wohl durch Entwicklung zufällig in den Mutterzellen zurückgebliebener Gonidien erklärt.

Digitized by Google

Dieser Fall ist noch nicht bekannt, doch wäre es denkbar, dass Hassall's sonderbarer Mesocarpus notabilis*) hieher gehörte, wobei anzunehmen wäre, dass der mit dem Inhalt der zwei copulirten Zellen sich füllende Verbindungskanal die Scheidewand zwischen beiden völlig zur Seite drückt.

β. Die Spore in der einen Hälfte der Doppelzelle (in der Höhle der einen der beiden Mutterzellen). So bei Hassall's zweiter Abtheilung der Spirogyren**), welche Kützing***) als eigene Gattung unter dem Namen Rhynchonema unterschieden hat.

d. Seitliche, parallele Verbindung isolirter Zellen. Hieher gehört die Copulation von Closterium Lunula (vergl. p. 149), bei welcher nach Morren's ausdrücklicher Angabe †) drei verschiedene Häute an der Bildung des Verbindungskanals Theil nehmen, eine äussere und eine innere Zellhaut, und eine die grüne Masse unmittelbar einschliessende Membran (der Primordialschlauch). Die im Verbindungskanal gebildete kugelige Fortpflanzungszelle ist ein bewegliches Gonidium, das schon innerhalb des Kanales sich zu drehen beginnt und bald darauf die gallertartig aufgequollenen Häute desselben durchbricht. Manchmal theilen sich zwei schon genäherte Individuen noch einmal und verbinden sich alsdann, ehe sie sich völlig getrennt haben, wodurch copulirte Doppelpaare entstehen ††). Auf dieselbe Art, wie bei Clost. Lunula, verhält sich nach Ralfs Beschreibung die Copulation von Penium Jenneri, bei welchem sich im Innern eines an den Ausgangs-

---

*) Hassall l. c. t. 46.

**) Hassall l. c., p. 152. t. 33 und 34. Nägeli, Algensyst. p. 151. t. III. f. 23 — 25.

***) Spec. Alg. p. 443. Die Gattung Rhynchonema, obgleich auf einen sehr ausgezeichneten Charakter gegründet, ist doch nicht natürlich, da beide Arten der Copulation sich zuweilen bei einer und derselben Art finden. Ich habe diess namentlich an Spirogyra Weberi beobachtet, bei welcher jedoch die Kettenverbindung häufiger ist, als die Jochverbindung.

†) Mémoire sur les Clostéries. Ann. des sc. nat. V. (1836) p. 325. t. 9.

††) Morren l. c. t. 9. f. 22. 23.

Digitized by Google

punkten engen Verbindungskanals eine grosse kugelige Spore bildet, ähnlich wie bei Mesocarpus *).

e. Copulation verzweigter fadenförmiger Zellen durch keulenförmige Aeste, welche sich mit der Spitze verbinden. Das einzige bekannte Beispiel ist die merkwürdige, von Ehrenberg entdeckte und mit Meisterhand gezeichnete Schimmelgattung Syzygites **). Aufrechte, dichotomisch sich verzweigende, ungegliederte Flocken, also einzellige fadenförmige Pflänzchen, wachsen in dichtem Rasen beisammen. Die obersten Gabelzweige krümmen sich zangenartig gegeneinander und treiben (gewöhnlich auf der Innenseite der Zange) keulen- oder birnförmige Aestchen hervor. Diese Fruchtkeulen, und zwar bald die in derselben Zange sich gegenüberliegenden, bald solche verschiedener, durch das gesellige Wachsthum ineinandergreifender Zangen, verbinden sich mit den Spitzen. Ein wirkliches Ineinandermünden derselben konnte Ehrenberg nicht mit Sicherheit erkennen, doch findet es höchst wahrscheinlich statt. In der Mitte des so entstandenen spindelförmigen Copulationskörpers sammelt sich der von beiden Seiten in strömender Bewegung aufsteigende körnige Inhalt der Fäden zu einer kugeligen Masse, welche sich mit der Membran des Mittelstücks der Spindel innig verbindet und durch Scheidewände von den Seitenstücken derselben abgliedert, ja zuletzt zwischen beiden Seitentheilen, ohne Zerreissung derselben, sich ablöst. Der kugelige Körper wird während seiner Ausbildung braun, zuletzt schwarz, und stellt eine derbwandige Zelle dar, in welcher sich, wenn man Corda's Darstellung Glauben schenken darf, in eine breiartige Masse eingebettete freie Sporen bilden ***).

6. Die copulirenden Zellen verbinden sich nach Aufspringen der äusseren Haut durch die innere; die Fortpflanzungszelle

*) Ralfs l. c. p. 153. t. 33. f. 2.

**) Verhandl. der Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin. 1r Band (1829) p. 98. t. II. III.

***) Corda, Prachtflora europäischer Schimmelbildungen (1839) p. 49. t. 23.

Digitized by Google

bildet sich aus dem blossen Inhalt, als neue Zelle innerhalb der Copulationszelle. So verhält es sich unzweifelhaft bei der Mehrzahl der Desmidiaceen. Die Verbindung findet in dieser Familie fast immer zwischen isolirten Zellen statt; selbst bei den Gattungen mit faden- oder bandartig zusammenhängenden Zellen (Hyalotheca, Didymoprium, Isthmosira) tritt die Copulation erst nach dem Zerfallen der Fäden in ihre einzelnen Glieder ein. Nur bei Bambusina kommt nach Ralfs der Fall vor, dass einzelne Zellen mit solchen, welche noch Glieder zusammenhängender Fäden sind, in Copulation treten, sich wie Schmarotzer an die Fäden anhängend. Das Aufspringen der äusseren Zellhaut ist besonders deutlich bei Tetmemorus und den meisten Closterien; es erfolgt stets in querer Richtung mitten zwischen beiden Hälften. Während die aufspringende äussere Haut sich einseitig mehr oder weniger weit aufklappt (ähnlich den aufspringenden Zellen von Oedogonium), dringt die zarte innere Zellhaut als schlauchartiger Fortsatz hervor, um sich mit dem entsprechenden Fortsatz der anderen Zelle zu verbinden. Bleibt die innere Zellhaut im Uebrigen mit der äusseren Zellwand in Verbindung, so bleiben auch die Hälften der aufgesprungenen Zellhäute meist unter sich genähert und mit dem Verbindungskanal und der ihn meist dicht erfüllenden Spore zusammenhängend (z. B. bei Closterium acerosum, lineatum etc.); zieht sich dagegen die abgelöste innere Zellhaut allmählig aus der äusseren heraus, so werden die Hälften der letzteren getrennt und leicht abgeworfen (z. B. bei Tetmemorus).

a. Copulation in paralleler Lage. Sie ist der Gruppe der Closterinen eigen. Bei den Arten mit gekrümmten Zellen geschieht die Verbindung, seltene Ausnahmen abgerechnet, mit der convexen Seite, so dass die copulirten Exemplare mit den Spitzen divergiren.

α. Die Hälften der aufspringenden Zellen weichen ringsum auseinander, indem die in die Copulation eingehende innere Zellhaut aus der äusseren nach und nach ganz oder grossentheils hervortritt. Die aus dem Inhalt sich bildende Spore liegt locker in der zarten Copulationszelle. So ist es am

Digitized by Google

deutlichsten bei Tetmemorus*); ähnlich scheint sich nach Ralfs Darstellungen Docidium**) und eine Abtheilung der Closterien mit längsstreifiger Zellhaut und abgestutzten Enden***) zu verhalten.

β. Die Hälften der aufspringenden Zelle weichen nur auf der dem anderen Individuum zugekehrten Seite, auf welcher die innere Haut hervortritt, etwas auseinander, während sie auf der Aussenseite verbunden bleiben; die innere Haut bleibt als innerer Ueberzug in der äusseren; die Spore füllt den Verbindungskanal meist so vollständig und enganliegend aus, dass der letztere kaum unterscheidbar ist. So verhält sich Penium†) (mit Ausschluss der schon früher erwähnten Arten), und die ungestreiften Closterien††) (mit Ausnahme des früher erwähnten Cl. Lunula).

Hieher gehört auch das gestreifte Closterium lineatum†††), jedoch mit der bei ihm allein bekannten Eigenthümlichkeit, dass sich zwei Sporen zwischen zwei Individuen bilden. Da ich gerade bei dieser Art den Copulationsprozess genauer zu beobachten Gelegenheit hatte §), bin ich im Stande die Entstehungsweise der in Wahrheit doppelten (nicht zweilappigen, wie Ralfs sich ausdrückt,) Spore zu erläutern. Die sehr lang gestreckten, nur wenig gekrümmten Exemplare des Clost. lineatum legen sich vor der Copulation paarweise dicht aneinander, bald beide mit der convexen Seite, bald das eine mit der convexen, das andere mit der concaven Seite sich berührend. Hierauf springt, bei beiden gleichzeitig oder bei dem einen früher als bei dem anderen, die Zellhaut in der schon früher äusserlich durch eine

---

*) Ralfs l. c. p. 146. t. 24. f. 3.

**) Daselbst t. 26. f. 4.

***) Daselbst l. c. t. 29. f. 2 (Clost. striolatum); f. 6. 7 (Clost. juncidum).

†) Daselbst t. 25. f. 1 und 5 (Penium margaritaceum und truncatum).

††) Daselbst t. 27. f. 2 (Clost. acerosum); t. 28. f. 4 (Clost. Leibleinii).

†††) Ehrenb. Infus. t. 6. f. VIII. 4. Ralfs l. c. p. 174. t. 30. f. 1.

§) Mitte Mai 1848 an Exemplaren aus den an Desmidiaceen überaus reichen Torfgräben des Mooswaldes bei Freiburg.

Digitized by Google

ringförmige Linie, innerlich durch eine Unterbrechung des grünen Inhalts bezeichneten Mitte der Zelle *) der Quere nach auf, jedoch so, dass sich die beiden Hälften nur auf der dem anderen Individuum zugekehrten Seite etwas trennen, auf der abgekehrten Seite aber verbunden bleiben, wodurch die Zelle, jedoch unter einem sehr stumpfen Winkel, knieförmig gebrochen wird. Die durch die schwache Aufklappung der äusseren Zellhaut entstehende, eine einseitige Querspalte bildende Mündung wird sogleich durch zwei wulstartige Vorragungen einer sich herausdrängenden inneren Zellhaut eingenommen. Es sind diese beiden Wülste nichts anderes als die in der Mitte der Mutterzelle zusammenstossenden Enden zweier zartwandiger Tochterzellen, die sich wahrscheinlich erst kurz vor Eintritt der Copulation durch Theilung des Inhalts des Mutterindividuums gebildet haben. Da bloss diese Innenzellen in die Copulation eingehen, so haben wir also hier nicht eine einfache Copulation von zwei Zellen, wie es den Anschein hat, sondern, genau genommen, eine Copulation von zwei Zellpaaren; da ferner die zwei hervordringenden Wülste, welche sich mit den zwei ihnen von der andern Seite entgegenkommenden verbinden, die Enden der beiden inneren Zellen sind, so bietet uns das Clost. lineatum überdiess das seltene Beispiel einer copulatio apicalis. Bei der genäherten Lage der zur Copulation bestimmten Individuen wachsen die hervordringenden Wülste nicht zu längeren Fortsätzen aus, sondern legen sich in Form umgeschlagener Lippen sogleich an die entsprechenden Theile des anderen Individuums, oder, wenn dieses seine Wülste noch nicht hervorgetrieben hat, an die geschlossene äussere Zellwand desselben an. Es kann dieser Vorgang der beginnenden Copulation nicht anschaulicher beschrieben werden als durch die Vergleichung mit der Berührung von vier wulstigen, sich fest aufeinanderdrückenden Lippen bei einem Kuss von Mund auf Mund. Die vordringenden Wülste sind anfangs durchscheinend und fast farblos, indem nur wenige grüne Körnchen in oft deutlich strömender Bewegung, von der

*) Die beiden Hälften sind übrigens meist von ungleicher Länge.

Digitized by Google

Hinterseite eintretend und auf der Vorderseite in das Innere der Zelle zurückkehrend, in denselben bemerkt werden; bald aber folgt der grüne Inhalt in reichlicher Menge nach. Die vier Wülste füllen sich nun so dicht mit grüner Masse aus und drücken sich so fest aneinander, dass ihre während dieses Zudrangs stattfindende paarige Verwachsung und Ineinandermündung nicht leicht verfolgt werden kann, sich jedoch deutlich im Resultat ausspricht. Zuweilen zerreisst die zarte Haut der Wülste unter dem Zudrang des Inhalts, so dass dieser auseinanderfliesst oder ein unordentliches Haufwerk zwischen den Mutterindividuen bildet, wobei natürlich die Bildung der Sporen vereitelt wird. Die ganze Masse des grünen Inhalts tritt bei normaler Ausbildung in kurzer Zeit in die beiden Verbindungskanäle ein, welche von der Mitte aus, wo sie sich berühren, in entgegengesetzter Richtung zu verkehrt-eiförmigen oder fast kugeligen Säcken anschwellen, welche sich zwischen die vier Schenkel oder Hörner der copulirten Individuen dicht einzwängen. In jedem dieser beiden Säcke ballt sich der Inhalt zu einer Kugel, welche sich mit einer anfangs zarten und glatten, später dicken und höckerigen Zellhaut bekleidet. So entstehen also zwei in ihrem Ursprung völlig getrennte Sporen, welche die zarten sackförmigen Verbindungskanäle, in welchen sie sich gebildet, so dicht anliegend ausfüllen, dass sie als zwei scheinbar freie Kugeln zwischen den Mutterindividuen inne liegen, mit welchen sie jedoch durch die in die klaffende Mündung der entleerten Schalen sich hineinziehenden, leeren und farblosen Seitentheile der zwei dicht aneinanderliegenden Verbindungskanäle in bleibender Verbindung stehen. Man unterscheidet diese von der inneren Haut gebildeten Verbindungsstücke leicht durch ihre Farblosigkeit von der nach der Entleerung strohgelb erscheinenden äusseren Haut oder Schale. Eine nicht seltene Abnormität bietet noch einen weiteren Beweis für die Entstehung der zwei Sporen durch Copulation zweier gegeneinander völlig abgeschlossener innerer Zellpaare; es ist diess das Vorkommen nur einer einzigen Spore zwischen zwei Mutterindividuen. In diesem Falle nämlich entleeren sich auch nur zwei gegenüberliegende Hälften (nur zwei Hörner) derselben,

Digitized by Google

während die 2 anderen dicht mit grünem Inhalt gefüllt bleiben, welcher, trotz des Aufspringens der äusseren Zellhaut, nicht ausfliessen kann.

b. Copulation in gekreutzter Lage. Sie kommt der ganzen Gruppe der mit Euastrum verwandten Formen zu und findet sich ausserdem bei manchen früher mit Desmidium vereinigten Gattungen.

α. Die Hälften der aufspringenden Zellen weichen ringsum auseinander, indem die hervordringende, die Copulation eingehende innere Membran sich sehr stark entwickelt. Die Sporen werden durch Verschwinden der sackförmig erweiterten zarten Copulationszelle frei; eben dadurch werden auch die alten Zellhauthälften frei, aus welchen sich die innere Membran nicht wie bei Tetmemorus herauszuziehen scheint. So bei Euastrum *) und den damit innig verwandten und schwer zu trennenden Gattungen Micrasterias **), Cosmarium ***), Xanthidium †), Staurastrum (Phycastrum K.) ††). Das völlige Auseinanderweichen der Hälften der Mutterzellhäute ist jedoch, wie es scheint, nicht constant, indem bei Ralfs in denselben Gattungen, ja zum Theil bei denselben Arten, welche oben angeführt wurden, auch Figuren vorkommen, welche einseitig zusammenhängende Hälften zeigen †††).

β. Die Hälften der aufspringenden Zellen weichen nur einseitig auseinander, um den aus der inneren Haut gebildeten, nicht sackförmig erweiterten

---

*) Ralfs l. c. t. 12 (Euastr. oblongum); t. 14. f. 5 (E. pectinatum) u. s. w.

**) Daselbst t. 6. f. 1 (Micrast. denticulata nebst den mit gabeligen Stacheln besetzten morgensternähnlichen Sporen; die Copulation selbst ist nicht dargestellt).

***) Daselbst t. 16. f. 1 (Cosm. Botrytis); f. 2 (C. margaritiferum) u. s. w.; auch Nägeli hat die Copulation bei einer Art dieser Gattung, seinem C. rupestre, (l. c. p. 118. t. VII. f. 6) beschrieben.

†) Daselbst t. 18 (Xanth. armatum).

††) Daselbst t. 20. f. 5 (Staur. dejectum); t. 21. f. 5 (St. orbiculare); t. 22. f. 3 (St. hirsutum); f. 9 (St. polymorphum); t 23. f. 9 (St. brachiatum) u. s. w.

†††) Z. B. von Cosmarium margaritiferum t. 33. f. 6; Cosm. Broomei t. 33. f. 7; Arthrodesmus Incus t. 20. f. 4.

Digitized by Google

Verbindungskanal hervorzutreiben; sie lösen sich nicht ab. Die Spore bildet sich dabei entweder in der Mitte des Verbindungskanals, z. B. bei Hyalotheca*), Bambusina**) und Isthmosira (Sphaerozosma Ralfs)***), oder in der einen Hälfte, in ähnlicher Weise, wie wir es bei Zygnema und den meisten Spirogyren gesehen haben, ein Fall, der unter den Desmidiaceen bloss bei Didymoprium †) mit Gewissheit bekannt ist, vielleicht aber auch bei der Gattung Desmidium ††) vorkommt.

7. Die Copulation geschieht unter Theilnahme der ganzen Haut; innerhalb der durch dieselbe gebildeten Doppelzelle zieht sich die innere Haut gegen den sich erweiternden Isthmus in engere Grenzen zusammen, eine kreutzförmige oder viereckige innere Zelle bildend; innerhalb dieser endlich zieht sich der Inhalt abermals zusammen, um eine kugelige Spore zu bilden. Dieser Fall ist, als Schluss der Reihe, durch die vorausgehenden selbst gefordert. Wenn wir Staurocarpus unter 4. an die rechte Stelle gesetzt haben, und wenn es richtig ist, dass es, wie Ralfs †††) gelegenheitlich bei Beschreibung der Copulation von Tetmemorus bemerkt, eine Staurocarpus-Art giebt, bei welcher sich durch weitere Zusammenziehung des Inhalts innerhalb der viereckigen Zelle eine kugelige Spore bildet, so ist er auch in Wirklichkeit bereits gefunden.

B. Copulation ungleicher Zellen. Ich weiss für diese ganze zweite Hauptabtheilung keinen anderen Fall anzugeben als die von Nägeli §)

---

*) Ralfs l. c. p. 53. t. I.

**) Daselbst p. 59. t. 3 (als Didymoprium Borreri).

***) Daselbst p. 67. t. 6. f. 2 (J. excavata); t. 32. f. 2 (J. vertebrata).

†) Daselbst p. 55. t. 2 (Didym. Grevillii).

††) Daselbst t. 4, wo Ralfs sporenartige Kugeln im Inneren der Zellen eines nicht copulirten Stückes von Desmidium Swartzii abbildet. Sollte damit ein anderes Fadenstück verbunden gewesen sein und sich nach der Entleerung wieder abgelöst haben?

†††) L. c. p. 146.

§) Vergl. Algensyst. p. 175. t. IV. f. 21. 22.

Digitized by Google

behauptete Copulation bei Vaucheria, welcher Fall mir jedoch, ungeachtet ich die Beobachtungen Nägeli's nur bestätigen kann, doch noch nicht über allen Zweifel erhoben ist. Eine gewisse Wechselwirkung der dünnen hackenförmigen sterilen Zweiglein oder sogenannten Hörner (der Antheren Vaucher's) und der dicken aufgetriebenen Seitenzweiglein, in deren Endstück sich die Spore bildet, kann wohl nicht geläugnet werden. Schon Vaucher*) hat die Anlegung der ersteren an die letzteren beschrieben und bei Vaucheria sessilis abgebildet; Hassall**) hat beobachtet, dass bei solchen Arten, deren sporenbildende Zweigchen in Mehrzahl aus dem Grunde eines einfachen Horns hervorgehen, wie bei Vauch. geminata, umgekehrt die sporenbildenden Zweiglein an das Horn sich anlegen, später aber wieder entfernen und rückwärts krümmen. Nach der Trennung des Horns von der Spore erscheint ersteres bei Vauch. sessilis nach Nägeli's und meinen eigenen Beobachtungen an der Spitze offen und ein beträchtlicher, ohne Zweifel schon vor der Trennung als besondere Endzelle sich abgliedernder Raum desselben entleert; die Spore ist um diese Zeit gleichfalls von einem mehr oder weniger deutlichen, leeren und an der Spitze offenen Röhrchen überragt, welches unzweifelhaft die offene Spitze der Mutterzelle der Spore darstellt. Das offene Ende der entleerten Endzelle des Horns einerseits, das offene Ende der Sporenmutterzelle anderseits, dazu das Factum, dass beide früher in Verbindung waren, machen es allerdings sehr wahrscheinlich, dass diese Verbindung eine wirkliche Copulation war, dass somit der Inhalt der Endzelle des Horns mit dem der Sporenmutterzelle zur Bildung der Spore vereinigt wurde. Die Anlegung des Horns an den sporenbildenden Zweig müsste somit vor Bildung der Spore geschehen, worüber es mir an Beobachtungen fehlt, womit aber Nägeli's Figur 21 übereinstimmt. Räthselhaft ist aber einerseits der Umstand, dass viele Arten keine Spur des erwähnten offenen, die Spore

*) Hist. des Conferves d'eau douce (1803) p. 17. t. II. f. 7.
**) Hassall l. c. p. 49. t. 3. f. 1.

Digitized by Google

überragenden Röhrchens zu besitzen scheinen *), während andere Arten offene Röhrchen an Sporenzweigchen zeigen, denen keine Hörner entsprechen, wie z. B. Vauch. polysperma Hassall **) mit sehr zahlreichen, reihenweise geordneten Sporen, aber nur sehr wenigen Hörnern, welche übrigens, wie bei Vauch. sessilis, zur Zeit der Sporenreife eine entleerte offene Endzelle zeigen. Die Gattung Vaucheria, welche die Naturforscher schon so vielfältig beschäftigt hat, verlangt somit immer noch weitere und genauere Forschungen in Beziehung auf die Bildung ihrer Fortpflanzungsorgane.

Schliesslich will ich noch einiger Fälle erwähnen, welche mit Copulationserscheinungen Aehnlichkeit haben und zum Theil wirklich für solche gehalten worden sind. Bei Saprolegnia, welche in morphologischer Beziehung so mannigfache Aehnlichkeit mit Vaucheria zeigt, kommt auch eine den Hörnern von Vaucheria ähnliche Bildung vor. Zur Zeit der Bildung der ruhenden Sporen erscheinen nämlich zwischen den zu birnförmigen Sporenbehältern anschwellenden Seitenzweigen häufig, jedoch nicht constant, dünne wurmförmige Zweiglein, welche sich, wenn sie die Sporenbehälter erreichen, fest an dieselben anlegen, ja zuweilen in unregelmässigen Windungen um dieselben

*) So z. B. Vauch. terrestris und hamata, bei welchen übrigens, trotz der sonderbaren Lage der Spore auf dem Rücken des Horns, eine Verbindung der eingerollten Spitze des Horns mit der Spore vorkommt, wie diess z. B. in einer Figur von Thuret (sur les org. locom. des spores des Algues in den Ann. des sc. nat. 1843. t. 15. f. 49) an einer ohne Zweifel zur V. hamata gehörigen Form sehr schön und selbst mit Entleerung der Endzelle des Horns dargestellt ist. Bei V. geminata fehlt das Röhrchen über der Spore gleichfalls, doch hat Nägeli eine Narbe an der Spitze der Spore gesehen, welche die frühere Verbindung mit dem Horn, und zwar nach Hassall's angeführter Beobachtung nicht mit der Spitze, sondern mit der Seite des Horns, andeutet. Interessant ist die Form des Horns bei der mit V. geminata nahe verwandten V. cruciata (Vauch. l. c. t. II. f. 6), indem hier von dem Haupthorn zwei kleine Seitenhörner ausgehen, welche ihrer Lage nach offenbar zur Verbindung mit den zwei Sporen bestimmt sind.

**) L. c. t. 4. f. 6. Ich habe diese Art auch bei Freiburg beobachtet.

Digitized by Google

herumschlingen; eine wirkliche Einmündung findet jedoch nicht statt. Eine damit vergleichbare Erscheinung zeigt Coleochaete pulvinata (vergl. p. 151). Das Sporangium dieser Art entsteht durch Anschwellung der letzten oder vorletzten Zelle eines Fadens, ist somit für sich allein eine einfache Zelle, welche aber durch innige Anlegung von zelligen Aestchen, die theils aus der ihm unmittelbar vorausgehenden Zelle entspringen, theils von tieferen Zweigen oder benachbarten Fäden brückenartig herübertreten, eine meist vollständige zellige Umhüllung erhält. Die vom gewöhnlichen aufrechten Wachsthum abweichenden Richtungen, in welchen die mit dem Sporangium sich verbindenden Zweige von allen Seiten, oft horizontal, oft selbst absteigend herzutreten, zeigt, dass hier, wenn auch keine so innige Verbindung und direkte Zusammenwirkung zur Sporenbildung, wie bei der Copulation, doch eine ähnliche Wechselwirkung von Anziehung und Aufsuchung der Theile, so wie auch, durch die Verbindung der Sporenmutterzelle mit den zahlreichen kleineren, die Hülle bildenden Zellen, ohne Zweifel eine durch Endosmose vermittelte materielle Unterstützung der Sporenbildung statt findet. So sehr auch die physiologische Bedeutung dieser zuletzt beschriebenen Anlegungserscheinungen von der mit der Befruchtung der Phanerogamen verbundenen Anlegung des Pollenschlauchs an den Embryosack und durch dessen Vermittelung an das Keimbläschen absteht, so ist die Aehnlichkeit des Vorganges beider Erscheinungen doch nicht zu verkennen.

Einen anderen hier anhangsweise anzureihenden Fall, der vielleicht als versteckte Copulationserscheinung betrachtet werden darf, bieten einige Diatomaceen. Während wir bei vielen Gattungen dieser Familie eine wirkliche Copulation des Inhalts völlig getrennter Zellen gesehen haben (p. 306), bildet sich dagegen in der Gruppe der Melosireae die grössere Fortpflanzungszelle, mit welcher die neue Generationsreihe beginnt (das sogenannte Sporangium *)), aus dem Inhalte einer einzigen ausgewachsenen Zelle, deren

*) Vergl. p. 141. Anmerkung.

Schale oder Haut, in der Mitte sich theilend, auseinanderweicht, um dem Anschwellen der neugebildeten kräftigeren Erstlingszelle Raum zu gestatten. Thwaites*), der diesen Vorgang bei mehreren Arten beschreibt, glaubt denselben mit der bei anderen Gruppen derselben Familie vorkommenden Copulation dadurch in Einklang zu bringen, dass er eine der Bildung der neuen Zelle vorausgehende Scheidung des Inhalts der Mutterzelle in zwei Parthien annimmt, welche, anstatt, wie bei der vegetativen Theilungsvermehrung, zu getrennten Zellen sich auszubilden, sich vielmehr sogleich wieder vermischen, um die Fortpflanzungszelle zu erzeugen. Obwohl diese Annahme noch nicht durch direkte Beobachtungen bewiesen ist, so verdient sie doch Beachtung, da sie einen gemeinsamen Gesichtspunkt für die Fortpflanzungserscheinungen bei den Diatomaceen eröffnet und an und für sich nichts Unmögliches enthält. Der Uebergang von einer noch unvollständig ausgeführten Theilung zur Copulation ist ebensowohl denkbar, als das Fortschreiten von einer ersten unvollendeten Theilung zu einer zweiten, wie wir es bei der Viertheilung der Zellen (p. 275) kennen gelernt haben. Ich will noch einen weiteren Fall hier anführen, welcher sich schwerlich auf andere Art als durch Wiederverbindung zweier in Theilung begriffener Zellen erklären lässt, es ist diess das nicht allzuseltene Vorkommen abnormer Weise durch 2 Einschnürungen in 3 Theile getheilter Individuen bei Euastrum und verwandten Desmidiaceen. Nägeli hat ein solches Exemplar von Euastrum (Cosmarium) Meneghinii Bréb. abgebildet**). Ein ähnlicher Vorgang, wie bei Melosira, könnte der

*) Vergl. Thwaites, further observations on Diatomaceae. Ann. and mag. of nat. hist. 1848. p. 161. t. XI und XII. Die Fortpflanzungszelle bildet sich entweder zwischen den Hälften einer vereinzelten Zelle, von diesen sich in der weiteren Ausbildung trennend (Cyclotella t. XI. f. D), oder zwischen den Hälften einer Zelle, welche Glied eines Zellfadens ist, bald parallel und in Verbindung mit dem alten Faden sich ausbildend (Melosira t. XI. f. A. C und Orthosira t. XII. f. E), bald durch Gallertentwicklung die Hälften der Mutterzelle auseinanderdrängend und rechtwinkelig zum alten Faden sich ausbildend (Aulacosira t. XI. f. B).

**) Nägeli, einzell. Algen t. VII. f. 7. b. (als E. crenulatum Ehrenb.?).

Digitized by Google

Sporenbildung von Spirogyra mirabilis*) zu Grunde liegen, wenn diese Art wirklich, wie Hassall angiebt, in allen Zellen von Fäden, welche nicht mit anderen in Conjugation treten, Sporen bildet; es wäre diess bei Spirogyra um so eher denkbar, als bei dieser Gattung der äusseren Theilung der Zellen eine Theilung der Zellkerne vorausgeht und die Theilung eine allmählige ist.

Endlich verdient noch die vermeintliche Copulation des Inhalts zweier Nachbarzellen bei der Sporenbildung von Oedogonium und Bulbochaete, mit der es eine ganz eigene Bewandtniss hat, eine Erläuterung. Decaisne**) und Hassall***) haben auf den sonderbaren Umstand aufmerksam gemacht, dass bei den beiden genannten Gattungen diejenige Zelle, welche der angeschwollenen Mutterzelle der Spore zunächst vorausgeht, keinen oder nur spärlichen grünen Inhalt besitzt. Hassall glaubt hieraus auf einen Uebertritt des Inhalts der unteren Zelle in die obere schliessen zu dürfen, und vergleicht daher den Vorgang der Sporenbildung von Oedogonium mit demjenigen bei den Spirogyren der Abtheilung Rhynchonema, jedoch mit dem Unterschiede, dass der Inhalt der einen Zelle seinen Weg in die angrenzende nicht wie bei den genannten Spirogyren durch einen seitlichen Verbindungskanal, sondern wahrscheinlich durch eine Oeffnung in der die Zellen trennenden Scheidewand selbst nehme. Gegen den Gedanken einer solchen Inhaltscopulation zweier Nachbarzellen bei den Oedogonien hat schon Leon le Clerc †) richtig eingewendet, dass man nicht selten die untere, so wie die obere Nachbarzelle der sporentragenden mit ungeschmälertem grünem Inhalt erfüllt finde, und dass zuweilen 2, ja selbst 3 und 4 mit Sporen versehene Zellen

*) Zygnema mirabile Hassall l. c. p. 156 t. 35.

**) Essai sur une classification des Algues (1842) p. 39. Die auf Taf. 14. f. 5 gegebene Figur gehört zu Bulboch. sphaerocarpa A. Br. (setigera Auct. ex p.).

***) L. c. p. 180 — 194. t. 50 — 53 (Oedogonium); t. 54 (Bulbochaete).

†) Sur la fructification du genre Prolifère de Vaucher in den Mèmoires du Museum III. (1817) p. 462. Der ältere Name Prolifera beruhte auf einem Irrthum und wurde daher von Link mit Oedogonium vertauscht.

Digitized by Google

unmittelbar aufeinanderfolgen. Diese Angaben sind vollkommen richtig und Hassall's Bemühungen, dieselben theils zu beseitigen, theils so zu wenden, dass sie seiner Theorie keinen Eintrag thun, reichen nicht aus. Was zunächst das Vorkommen mehrerer sporentragender Zellen hintereinander betrifft, so ist zu bemerken, dass 2 aneinandergrenzende mehr oder minder häufig bei allen Arten getroffen werden, 3 bis 4 aufeinanderfolgende habe ich öfters bei Oedog. apophysatum und Landsboroughii*) beobachtet. Sind es nur 2, so könnte immer noch behauptet werden, dass die eine den Inhalt der nächstunteren, die andere den Inhalt der nächstoberen Zelle angezogen habe, um aus gepaartem Zellinhalt die Spore zu bilden; bei 3 oder 4 aufeinanderfolgenden sporentragenden Zellen dagegen ist eine solche Paarung nicht mehr denkbar. In Beziehung auf den Inhalt derjenigen Zelle, welche einer einzelnen oder auch mehreren aufeinanderfolgenden Sporenmutterzellen vorausgeht, muss von Oedogonium bemerkt werden, dass derselbe zwar in der Regel, doch nicht immer, ärmer an festen Bestandtheilen, namentlich ärmer an Chlorophyll ist, als derjenige anderer steriler Zellen, doch niemals ganz farbe- und körnerlos, wie diess dagegen bei Bulbochaete meistens der Fall ist. Ein ähnlicher, nur minder auffallender Wechsel inhaltsreicherer und inhaltsarmerer, dunkler und heller gefärbter Zellen kommt übrigens auch in den sterilen oder bloss Gonidien erzeugenden Fäden der meisten Oedogonien vor; bei denjenigen Arten, welche die früher erwähnte Microgonidienbildung besitzen**), zeigt sich ferner diejenige längere Zelle, welche je einer

*) Oedog. Landsboroughii (Hassall) ist die von le Clerc als Prolifera rivularis beschriebene und t. 23. f. 1 abgebildete Art. Vier aneinanderstossende sporentragende Zellen bildet le Clerc auch an Oedog. Rothii l. c. f. 8 ab.

**) Oedog. echinospermum und apophysatum. Vergl. p. 151. Die zahlreichen, eng übereinandergeschichteten kleinen Zellen, welche le Clerc l. c. f. 9 an einem angeblich zu Prolifera rivularis (Oedog. Landsboroughii) gehörigen Faden zwischen den grösseren Zellen abbildet, in der Tafelerklärung aber für einen Spiralfaden hält, sind unzweifelhaft entleerte Microgonidien-Mutterzellen.

Digitized by Google

Abtheilung der kurzen Zellen, in welchen sich die kleinen Schwärmer bilden, vorausgeht, in ähnlicher Weise inhaltsarm, wie die Vorzelle der Sporenmutterzelle. Alle diese Erscheinungen lassen sich nicht aus einer späteren, durch Verbindung vorher getrennter Zellen herbeigeführten Wanderung des Zellinhaltes erklären, sondern gründen sich auf die Vertheilung desselben bei der Bildung der Zellen selbst. Es finden nämlich bei Oedogonium secundäre Zellbildungsprozesse in den Fäden statt, welche das Eigenthümliche besitzen, dass sie die einzelnen Zellen des Fadens nicht in gleiche, sondern in mehr oder weniger auffallend ungleiche Zellen theilen, und zwar so, dass die obere von zwei durch Theilung entstehenden Zellen die kürzere und inhaltsreichere, die untere die längere und inhaltsarmere ist. Der Unterschied beider Schwesterzellen ist geringer bei steril bleibenden Fäden oder Fadentheilen, so wie bei solchen, in welchen sich bloss Macrogonidien bilden sollen, er ist dagegen meist sehr auffallend, wenn Sporen- (oder Microgonidien-)bildung eintreten soll. Die vordere, kürzere, mit concentrirterem Inhalt erfüllte Zelle wird in diesem Fall zur Mutterzelle der Spore. Häufig wiederholt sich nun dieser in verschiedenartige Hälften theilende Zellbildungsprozess in der unteren längeren Zelle, indem sich diese abermals in eine kürzere erfülltere obere und eine längere untere theilt u. s. f. So kann, bei sporentragenden Fäden, successiv eine zweite, dritte, vierte Sporenmutterzelle an die erste angereiht werden. Ebenso verhält es sich bei Microgonidienbildung, wo ich die Zahl der kurzen auf diese Weise aneinandergereihten Mutterzellen der Microgonidien auf 6 bis 7 steigen sah, was eine in absteigender Folge 5- bis 6mal wiederholte Theilung anzeigt. Eigenthümlich und von dem ähnlichen Vorgang bei Oedogonium etwas abweichend ist die Bildung der kugelig oder ellipsoidisch anschwellenden Mutterzelle der Spore bei B u l b o c h a e t e. Die sporentragende Zelle (das Sporangium) erscheint bei dieser Gattung meist als Zweig am oberen Rande einer Stammzelle, und zwar meist als erste (seltener als zweite) Zelle des Zweigs, überragt von einer kleinen borstentragenden Zelle, oder auch von zwei Zellen, einer schmalen röhrenförmigen mit spärlichem grünem

Digitized by Google

Inhalt erfüllten, auf welcher die zweite, wasserhelle und borstentragende wie ein kleines Deckelchen aufsitzt. Die Entstehung des zum Sporangium sich entwickelnden Zweiges geht, wie bei Cladophora, durch Bildung einer Aussackung am oberen Rande der Stammzelle vor sich. In diese Aussackung zieht sich der dickflüssigere, grüne, mit Amylonkörnchen gemischte Inhalt der Stammzelle nach und nach ganz hinein und zwar in zwei Abtheilungen. Zuerst nämlich verliert bloss die untere Hälfte der Stammzelle den gefärbten Inhalt und wird hierauf durch eine zarte horizontale Scheidewand von der oberen noch grünen Hälfte abgeschieden; bald aber, indem die noch immer nicht von der Stammzelle abgegliederte Aussackung fortfährt sich zu vergrössern und kugelig zu erweitern, tritt auch aus der oberen Hälfte der Stammzelle der grüne Inhalt in den sackförmigen Zweig über, worauf die Scheidewand zwischen ihm und der Stammzelle gebildet wird. Die das Sporangium tragende Stammzelle erscheint nach diesem Vorgang in der Regel vollkommen wasserhell und in der Mitte stets durch eine horizontale Scheidewand getheilt, eine Theilung, welche bei anderen Stammzellen niemals vorkommt. Nur ausnahmsweise habe ich Stammzellen gesehen, die, ungeachtet sie am oberen Rande ein Sporangium trugen, doch mit mehr oder weniger reichlichem grünem Inhalt versehen waren; die Theilung der Zelle dagegen war auch bei diesen vorhanden. Die Bildung der 1 bis 2 kleinen Zellen nebst der Borste auf der Spitze des Sporangiums findet erst nach Abgliederung der Aussackung von der Stammzelle statt. Es wird aus der Schilderung dieser Vorgänge klar sein, dass bei Bulbochaete sowohl, als bei Oedogonium, zwar eine auf Kosten der sterilen Schwesterzelle geschehende Concentration des bildungsfähigen Inhaltes mit der Entstehung der zur Erzeugung der Spore bestimmten Zelle verbunden ist, aber durchaus keine Vereinigung des Inhalts zweier vorher getrennter Zellen. Es schliessen sich daher diese Fälle nicht sowohl den Copulationserscheinungen, als vielmehr den unter B* (p. 268) angeführten Theilungsphänomenen in Zellen von ungleicher Kräftigkeit und ungleicher Bestimmung an.

Digitized by Google

Schlussbetrachtung.

So haben wir denn die in dem Wesen des natürlichen Lebens tief begründete Erscheinung der Verjüngung, auf welcher alle fortschreitende und stets nur durch Erneuerung sich erhaltende Lebens- und Entwicklungsbewegung mit ihren vielverflochtenen auf- und niedersteigenden Schwingungen im grössten, wie im kleinsten Kreise der Natur beruht, wie es in unserer Absicht lag, in der Entwicklungsgeschichte des vegetabilischen Organismus näher ins Aug gefasst; wir haben sie betrachtet in der Sprossbildung, durch welche der individuelle Pflanzenstock zum Stammbaum einer Familie sich erweitert, die, in wesentlicherem oder unwesentlicherem Verbande, die individuelle Aufgabe an ihre Glieder vertheilt; wir haben sie verfolgt am Sprosse selbst in der Bildung seines Stufen- und Gliederbaues, in dem grossen Wogengang der stufenreihenden Metamorphose, wie in den einzelnen Wellen derselben, den Blättern; wir haben sie endlich wieder gefunden in den kleinsten Kreisen der Bildung, in welchen das Gewächs seine überall nur unvollständig erreichte Individualität festzuhalten strebt, in der Zellbildung, mit welcher jeder Entwicklungskreis der Pflanze beginnt und durch deren getheilte oder ungetheilte, gleichartige oder ungleichartige, gebundene oder freie Erneuerung der Bau der Pflanze in der Mannigfaltigkeit aller seiner Theile vollführt, ja selbst der Grund zur lebendigen Fortentwicklung der Pflanzenart jenseits der Grenzen des alten Baues, in erneutem Aufbau des Organismus, gelegt wird. Die Betrachtung der Zellbildung führt deshalb rückwärts wieder in alle weiteren Verjüngungskreise im Bildungsleben der Pflanze hinauf, ja sie führt uns selbst

Digitized by Google

über den Kreis der individuellen Entwicklung und des sich ihr anschliessenden engeren Familienverbandes im sprossenden Pflanzenstock hinaus zur eigentlichen Fortpflanzung der Gewächse, die sie uns, im Zusammenhang mit den minder vollkommenen Erneuerungen der Zellbildung in allen vorausgehenden Kreisen der Entwicklung, als die entschiedenste und freieste Neubildung der Zelle, und zugleich als den am tiefsten zurückgreifenden Neuanfang, als die vollständigste Verjüngung erscheinen lässt. Wie in der individuellen Bildungsgeschichte jede neue Stufe mit einem neuen Abschnitt der Zellbildung anhebt, so geschieht auch der Uebergang des einen individuellen Entwicklungsprozesses zum anderen, und dadurch die Einfügung des Einzellebens in die gegliederte Lebensgeschichte der Species, stets durch ein neues Anheben der Zellbildung. Die Zellbildung ist also nicht bloss Anfang und Mittel zur Ausbildung untergeordneten Gewebes, sie ist, durch das in ihrer fortschreitenden Erneuerung herrschende Gesetz des Generationswechsels, der Unterordnung und Reihenfolge zugleich auch Anfang jeder umfassenderen Gliederung im Organismus der Pflanze, des einzelnen Organs, wie der besonderen Stufe in der Reihenfolge der Organe, der einzelnen Entwicklungslinien oder untergeordneten Achsen des Pflanzenstocks, wie der zu getrennten Stöcken sich entwickelnden Individuen. So knüpft sich in der Betrachtung der Zellbildung die Verjüngungsgeschichte des Individuums mit der Verjüngungsgeschichte der Species aufs innigste zusammen, ja so innig, dass die Grenze beider oft schwer zu ziehen ist, wie wir diess auf der niedersten Stufe der Pflanzenwelt bei einem Theile der sogenannten einzelligen Pflanzen, den Pflanzen mit sich trennenden vegetativen Zellgenerationen, bereits früher gesehen haben*). Wie hier auf der niedersten Stufe die sonst der Entwicklung des gebundenen Organismus angehörige Zelltheilung**) als Fortpflanzungsweise auftritt, so sehen wir in den höheren Reihen des Gewächsreichs vielfältig auch die

*) Vergl. p. 134 etc.
**) Vergl. p. 250.

Digitized by Google

Sprossbildung aus ihrem dem Ganzen des Pflanzenstocks untergeordneten Verhältniss hervortreten*) und der Bildung selbstständiger Individuen dienen.

Auf eine sehr sonderbare Weise zeigt sich die Verwebung der Fortpflanzung und individuellen Entwicklung in derjenigen Abtheilung des Gewächsreichs, in welcher zuerst ein entschiedener Gegensatz der Geschlechter auftritt, nämlich bei den moos- und farnkrautartigen Gewächsen, bei welchen die Befruchtung, die wir nach ihrem Auftreten im ganzen Bereiche der Blüthenpflanzen, ebenso wie im Thierreich, in direkter Verbindung mit der Entstehung der neuen Individuen zu denken gewohnt sind, nicht mit dem Anfang des individuellen Entwicklungskreises zusammentrifft, sondern vielmehr mitten in denselben hineinfällt, den Uebergang von einer niederen zu einer höheren Stufe der Metamorphose vermittelnd. In beiden Fällen ist es zwar eine einzelne Zelle, in welcher durch den Einfluss des männlichen Geschlechts die nachfolgende Entwicklungsgeschichte hervorgerufen wird, aber in dem einen Falle ist es die Urzelle des ganzen Generationscyclus, d. i. aller der Zellen, durch deren zusammenhängende Folge das Individuum sich darstellt; im anderen Falle ist es eine in diesen Cyclus selbst fallende, bloss einen neuen Abschnitt desselben beginnende Zelle. Bei den Phanerogamen ist es die nach vollständig durchlaufener Metamorphose in der obersten Centralzelle des Samensprösschens (dem Embryosack des Ovulums) sich bildende Keimzelle**), welche die durch Antritt des Pollenschlauchs an den Embryosack vermittelte Befruchtung empfängt; mit ihr hebt die ganze individuelle Entwicklungsgeschichte von Neuem an. Bei den Moosen und Farnen ist es die Centralzelle des Archegoniums***) (eines Sprösschens, das sich mit dem

---

*) Fortpflanzung durch Propagula (bei den Moosen und Lebermoosen) durch Bulbille, Ausläufer, Knollen etc. Vergl. p. 40.

**) Vergl. p. 295.

***) Vergl. Gottsche, über die Fructific. der Jungermanniae geocalyceae in den Act. nat. cur. Vol. XXI. II. p. 445. t. 30. f. 8. Dem daselbst von Calypogeia Trichomanes dargestellten zweizelligen Zustand des Endogoniums geht gewiss ein einzelliger voraus.

Digitized by Google

Nucleus des Ovulums vergleichen lässt), welche durch die in den Antheridien gebildeten Spermatozoidien auf eine noch nicht genau bekannte Weise befruchtet wird, mit deren Entwicklung aber nicht der ganze Cyclus von vornen beginnt, sondern nur eine neue und höhere Stufe der Metamorphose anhebt, welche, in Verbindung mit dem schon vorhandenen Vorbau sich entwickelnd, die individuelle Lebensgeschichte erst nach mehr oder minder vielfältigen Zwischenstufen der Bildung zur Erzeugung der eigentlichen Fortpflanzungszellen (Sporen) überführt, mit welchen dann erst der neue Entwicklungscyclus, und zwar ohne weitere Befruchtung derselben, anhebt. Die Uebergangsstelle, welche durch den Eintritt der Befruchtung bezeichnet ist, ist bei Farnen und Moosen selbst wieder eine verschiedene. Bei den Moosen geschieht der Uebergang vom algenartigen Vorkeim zum blattbildenden Stamm vor Eintritt der Befruchtung, welche nur die Entwicklung der sporenbildenden Kapsel bedingt; bei den Farnen dagegen reicht der Vorbau nicht weiter als bis zum blattlosen Vorkeim und schon der Fortschritt zum blattbildenden Stamm ist durch die Befruchtung bedingt. Es scheint mir diese Betrachtungsweise, so sehr sie auch durch die Einführung der Befruchtung mitten in den Kreis der individuellen Entwicklung befremden mag, naturgemässer, den natürlichen Zusammenhang weniger zerreissend und dem Stufengang der Metamorphose mehr entsprechend, als die von dem Entdecker der Archegonien der Farne *) gegebene, nach welcher der thallusartige Vorkeim der Farnkräuter, als Träger der Befruchtungsorgane, der Blüthe der Phanerogamen verglichen, die Spore aber, aus welcher er sich entwickelt, eine von der Mutterpflanze sich ablösende Blüthenknospe genannt wird. Der neue individuelle Entwicklungskreis fienge bei solcher Auffassung nicht mit der Spore, sondern mit der Centralzelle im Grunde des Archegoniums **) an. Wendet man diese

*) Leszczyc-Suminski, zur Entwicklungsgesch. der Farnkräuter. Berlin 1848.

**) Nach Suminski's in diesem Punkte gewiss irriger Darstellung soll sich der Embryo des neuen Individuums erst in der Centralzelle des Archegoniums durch Eindringen eines Spermatozoidienschwanzes bilden.

Digitized by Google

Betrachtungsweise auf die Moose an, so wäre die erste (niedrigste) Entwicklungsstufe in dem individuellen Lebenscyclus derselben die Bildung des Sporangiums, die zweite Stufe die des confervenartigen Vorkeims, die dritte die des beblätterten Stammes, welcher zuletzt, als Ziel der Entwicklung, die Befruchtungsorgane, Antheridien und Archegonien trüge. Die genauere Untersuchung der immer noch nicht vollständig ermittelten Befruchtungsvorgänge der Rhizocarpeen und Lycopodiaceen, so wie der in der Reihe der Phanerogamen sich abweichend und vielleicht den höheren Cryptogamen annähernd verhaltenden Nacktsamer (Cycadeen und Coniferen) wird uns gewiss in den Stand setzen, die sonderbaren Verhältnisse bei der Fortpflanzung der Moose und Farne in einen klareren Zusammenhang mit der Fortpflanzung der Phanerogamen zu setzen, während die Untersuchung der Characeen und Florideen einen Anknüpfungspunkt an die unteren Gebiete der Cryptogamen zu geben verspricht. Dass eine wirkliche Befruchtung bei den Moosen und Farnen stattfindet, darauf weisen nicht bloss die bekannten Erfahrungen der Bryologen über die Abhängigkeit der Fruchtbildung diöcischer Moose von dem geselligen Wachsthum beider Geschlechter hin*), sondern auch das Vorkommen von Bastarden, welches bei den Farnen schon vor Entdeckung ihrer Befruchtungsorgane bekannt war**), und neuerdings auch

*) Vergl. Schimper, recherches sur les mousses p. 55.

**) Die Entdeckung der Antheridien der Farne wurde von Nägeli im Jahr 1842 gemacht und 1844 publicirt (Zeitschr. für wissensch. Bot. 1. Heft p. 168); die oben angeführte Schrift von Suminski, in welcher die Archegonien zuerst dargestellt werden, ist vom Jahr 1848; die erste Beobachtung eines Bastardfarns wurde von Martens im Bulletin de l'Acad. r. d. Bruxelles von 1837 mitgetheilt. Dem dort erwähnten Bastard von Gymnogramme (Ceropteris) chrysophylla und calomelaena, der später G. Martensii genannt wurde, folgte bald ein zweiter zwischen G. chrysophylla und distans (G. Massoni Auct.) von Bernhardi in Otto und Dietrich's Gartenzeitung 1840 p. 249 beschrieben; noch mehrere andere Bastarde aus derselben Gattung hat Regel im 32. Stück der botanischen Zeitung von 1843 aufgeführt. Ich selbst habe im Jahr 1834 in einem Gebirgsthälchen bei Baden zwischen

Digitized by Google

Es ist bekannt, dass gerade die bedeutendsten und interessantesten Varietäten der Pflanzen, diejenigen, bei welchen die bedeutendsten Abänderungen vom normalen Speciescharakter auftreten, sich nicht am individuellen Stock, welchen Einflüssen der Natur und Kunst derselbe auch ausgesetzt sein mag, erzeugen, sondern in ihrer Entstehung an die Fortpflanzung geknüpft sind, indem sie, wie zufällig, aus Samen erwachsen. Hieher gehören viele sehr auffallende Varietäten in Beziehung auf den Theilungsgrad der Blätter, z. B. Abänderungen mit einfachen Blättern von Pflanzen, welche in der Stammform gedreite oder gefiederte besitzen (Fragaria vesca monophylla*), Fraxinus excelsior simplicifolia**)), und umgekehrt schlitzblättrige Abänderungen von Pflanzen mit normal ungetheilten Blättern oder Blättchen (Alnus glutinosa laciniata, Betula alba laciniata s. dalecarlica***), Corylus Avellana laciniata, Cytisus Laburnum

*) Von Duchesne im Jahr 1761 aus Samen von gewöhnlicher Fragaria vesca erzogen; bei der Aussaat meist wieder in die Stammform mit gedreiten Blättern zurückschlagend (Duchesne, hist. des fraisiers p. 124; Godron de l'espèce et des races p. 36).

**) Fr. simplicifolia W. (heterophylla Vahl). Auch in De Candolle's Prodromus (VIII. p. 276) wird sie als besondere Art aufgeführt, welche in England und Irland vorkommen soll, während Sprengel (Syst. Veget. I. p. 97) ihr Vaterland nach Nordamerika versetzt! Zur Begründung des specifischen Unterschieds führt De Candolle ausser der Blattform einige von der Grösse und Gestalt der Frucht entnommene Merkmale an, welche ich aber für eine unbedeutende Individualität der De Candolle'schen Exemplare halten muss, da die in den Carlsruher Gärten cultivirten Bäume der einfachblättrigen Esche in der Frucht völlig mit der gewöhnlichen Esche (Fr. excelsior) übereinstimmen. In Beziehung auf die Abstammung dieser Varietät sagt Persoon (Syn. II. p. 604) ausdrücklich „e seminibus Fraxini elatioris vulgaris ortam vidi“. Eine ganz analoge Varietät von Rubus idaeus mit Blättern, welche denen des Rubus arcticus gleichen, wurde von Spenner am Schienberg bei Freiburg gefunden.

***) Beide kommen, wahrscheinlich nur vereinzelt, in Schweden und Lappland vor; in Gärten werden sie durch Propfen vermehrt und schlagen bei der Aussaat höchst wahrscheinlich in die ganzblättrigen Stammformen zurück. Die andern angeführten Beispiele sind bloss als Gartenpflanzen bekannt.

Digitized by Google

quercifolius, Vitis vinifera laciniosa*)); ferner wehrlose Abarten von normal mit Stacheln versehenen Pflanzen (Robinia Pseudacacia inermis**)), Varietäten in Beziehung auf Farbe der Blätter (Fagus sylvatica sanguinea***), Corylus tubulosa atropurpurea), Farbe und Füllung der Blüthen (Tulipa, Dianthus, Primula, Georginia etc.), so wie endlich die zahlreichen hauptsächlich in der Beschaffenheit der Frucht sich aussprechenden Varietäten, wie wir sie von unseren cultivirten Obstbäumen kennen. Die Entstehung der hier erwähnten Varietäten beruht nicht sowohl auf einer den äusseren Lebensbedingungen sich anschmiegenden allmähligen Veränderung, als vielmehr auf einer unter günstigen Bedingungen eintretenden Entwicklung der innerhalb gewisser typischer Grenzen möglichen Mannigfaltigkeit, was besonders daraus hervorgeht, dass sehr verschiedene Varietäten aus einer und derselben Aussaat, ja aus der Aussaat der Samen einer und derselben Frucht, und zwar ohne Einwirkung fremdartiger Befruchung und unter gleichen äusseren Verhältnissen der Entwicklung, hervorgehen können †). Die Entwicklung dieser Mannigfaltigkeit geschieht, wie angeführt,

*) Die sogenannte Petersilientraube. Vergl. v. Babo und Metzger, Wein- und Tafeltrauben p. 33. Heft II. t. 10.

**) Sie wurde von Descemet aus einer Aussaat von 1803 in einem einzigen Exemplar erhalten und ist nun allgemein verbreitet. Ihre Samen liefern wieder die stachlige Stammform. Vergl. Chevreul, Considerations gen. sur les variations etc. (Ann. des sc. nat. VI. 1846. p. 157).

***) Die in den Gärten allgemein verbreitete Blutbuche stammt aus einem Walde bei Sondershausen in Thüringen; sie wird durch Propfreiser fortgepflanzt, denn ausgesäet schlägt sie meist in die gemeine grüne Buche zurück. Vergl. Bechstein, Forstbot. p. I. p. 229. Daselbst (p. 267) wird auch eine Bluteiche (Quercus pedunculata sanguinea) angeführt, von welcher ein einziger Baum im Lauchner Walde bei Gotha vorhanden sein soll.

†) Nach Van Mons geht diess mitunter soweit, dass aus jedem einzelnen Samen eine besondere Varietät entspringt, z. B. aus den 10 Samen einer Birne ebensoviele neue Birnsorten sich entwickeln. Die Cultur hat bei dieser Erzeugung neuer Varietäten allerdings einen Einfluss, jedoch nicht auf die ihren Einwirkungen unmittelbar ausgesetzten Individuen, sondern auf deren

Digitized by Google

in der Regel auf dem Wege der Fortpflanzung und auf demselben Wege kann sie auch wieder verschwinden; die neuen Varietäten erwachsen aus Samen, und können ebenso durch Aussaat wieder in die Stammform zurückschlagen. Allein zuweilen tritt eine ähnliche Erzeugung und ein ähnliches Rückschlagen der Varietäten auch auf dem Wege der bloss vegetativen Fortbildung ein, so dass selbst der einzelne Pflanzenstock innerhalb seiner Grenzen in zeitlicher Aufeinanderfolge oder räumlichem Nebeneinandersein mehrere Varietäten umfassen kann. Hieher gehören manche bekannte Erfahrungen, wie z. B. dass das wilde Leberblümchen (Hepatica nobilis) mit seinen lieblich blauen, sechsblättrigen Blüthen, wenn es aus dem schattigen Berghain in den Garten verpflanzt wird, gewöhnlich schon im nächsten Jahre gefüllte und dazu meist rothe Blüthen hervorbringt; ebenso, dass das Singrün (Vinca minor) im Garten statt der früheren blauen oft weisse oder braunviolette Blüthen erhält. Ueberblickt man hiebei in Gedanken die successiven Jahresprodukte, so erscheinen solche zur Varietät umschlagende Stöcke aus zwei Modificationen der Species zusammengesetzt; das Leberblümchen z. B., dessen

---

Nachkommenschaft. Eine bestimmte Beziehung der Cultureinflüsse zur Beschaffenheit der dadurch entstehenden Varietäten lässt sich in den meisten Fällen nicht nachweisen, es scheint vielmehr im Allgemeinen durch die aussergewöhnlichen und einem üppigen Gedeihen günstigen Bedingungen, welche die Cultur bietet, in der Pflanze der innere Trieb nach Darstellung aller derjenigen Veränderungen, welche innerhalb mehr oder minder eng gezogener specifischer Grenzen noch möglich sind, geweckt zu werden. Nach den Erfahrungen der Gärtner, insbesondere des berühmten belgischen Obstbaumzüchters Van Mons, erwacht dieser Trieb bei den der Cultur unterworfenen Wildlingen erst allmählig, oft erst nach mehreren Generationen, bis er sein Maximum erreicht hat, und endlich in der Bildung constanter Varietäten wieder zu erlöschen scheint. Merkwürdig ist zugleich die Erfahrung, dass die durch Ableger fortgepflanzten veredelten Varietäten um so mehr Neigung bekommen bei der Aussaat wieder in die wilde Stammform zurückzuschlagen, je länger sie auf diese Weise fortgepflanzt worden sind. (Vergl. Godron de l'espèce et des races p. 83, wo sich zugleich die mir hier nicht zugänglichen Schriften von Van Mons aufgezählt finden.)

Digitized by Google

jährliche Verjüngung durch direkte Fortsetzung der Hauptachse bewerkstelligt wird *), wird sich, so betrachtet, als ein Stengel darstellen, der an seinem unteren Theile einfache blaue, an seinem oberen gefüllte rothe Blüthen trägt. Was uns in diesen Fällen nur durch die geistige Zusammenfassung des zeitlich Auseinanderliegenden sichtbar ist, das tritt uns in Wirklichkeit vereinigt entgegen in anderen Fällen, in welchen die Bildung oder Rückbildung der Varietät nur an einzelnen Sprossen eines verzweigten Stocks eintritt, oder in welchen mehrere Modificationen, in welchen die Species erscheinen kann, an verschiedene Theile eines und desselben Stockes so vertheilt auftreten, dass man gar nicht bestimmen kann, welcher Modification der Stock ursprünglich angehört. Fälle beider Art sind von Weinstöcken und Johannisbeeren, welche zweierlei Trauben tragen **), von Melonen, welche zweierlei Früchte tragen ***), von Rosenstöcken, welche zweierlei Blüthen bringen †) u. s. w., bekannt. Fälle der ersten Art habe ich an dem Goldregen mit eingeschnittenen Blättchen (Cytisus Laburnum quercifolius), so wie an der schmalblättrigen, mehr oder weniger eingeschnittenen Spielart der Buche (Fagus sylvatica asplenifolia) im Carlsruher botanischen Garten gesehen, indem an einzelnen Sprossen dieser Gewächse die gewöhnliche Stammform neben der vollständig ausgeprägten Varietät wieder hervortrat. Dieselbe Erscheinung wurde auch bei der Petersilientraube beobachtet ††). Die sonderbarsten hieher gehörigen

---

*) Vergl. p. 58.

**) Vergl. Metzger, landw. Pflanzenk. II. 913 und 917, wo vom rothen Traminer angeführt wird, dass er im Alter öfters weisse Trauben zum Vorschein bringt, und vom Klävner, dass er nicht selten blaue und rothe Trauben an einem Stocke trage. An Stöcken von Ribes rubrum mit weissen Beeren habe ich selbst häufig einzelne rothbeerige Trauben gesehen.

***) Vergl. Sageret in den Ann. des sc. nat. T. 8. (1826) p. 309.

†) An der Varietät der Rosa Eglanteria mit feuerrothen Blüthen (R. bicolor Jacq.) habe ich öfters an einzelnen Zweigen rein schwefelgelbe Blüthen (R. lutea Mill.) gesehen, zuweilen selbst in beide Farben getheilte Blüthen.

††) Vergl. v. Babo und Metzger l. c. p. 35, wo die Verfasser angeben an kräftigen Stöcken dieser Spielart einzelne Zweige mit Blättern wahrgenommen

Digitized by Google

Fälle sind diejenigen, in welchen nicht die Sprosse, als untergeordnete Individuen des Stocks, es sind, an welche die auftretenden Abänderungen gebunden sind, sondern in welchen sich der Scheidungsprozess der Varietäten bis auf beliebig begrenzte Theile der Organe, ja bis auf einzelne Zellgruppen und vielleicht bis auf einzelne Zellen erstreckt, wie diess die unter den Culturpflanzen vielfach wiederkehrende Erscheinung von Gewächsen mit bunten Blättern (z. B. beim Kohl *)), unregelmässig in mehrere Farben getheilten, gestreiften oder geschäckten Blüthen (bei Tulpen, Nelken, Rosen **)) und Früchten (bei Kürbissen, Aepfeln, Trauben ***)) zeigt. Eines der schönsten Beispiele dieser Art bietet Mirabilis Jalappa. Von den drei Varietäten mit dunkelrother, nankingelber und weisser Blüthe sind nicht selten zwei, ja selbst alle drei, in demselben „Individuum" vereint, so dass es Stöcke giebt, deren Blüthen 1) roth und gelb, 2) roth und weiss, 3) gelb und weiss, oder endlich 4) roth, gelb und weiss gestreift sind, und an welchen nicht selten auch wieder einzelne einfarbige Blüthen, und zwar in dem vierten Falle von dreierlei Art, rothe, gelbe und weisse, an demselben Stocke zum Vorschein kommen.

Analoge Fälle heterogener Zusammensetzung des Pflanzenstocks kommen bei Bastarden phanerogamischer Pflanzen vor durch Zurückschlagen in die Stammarten am Bastardstock selbst, wodurch es geschehen kann, dass zwei specifisch verschiedene Arten unter sich und mit dem Bastard auf einem

---

zu haben, welche bloss fünftheilig und von den Blättern des weissen Gutedels nicht unterscheidbar waren.

*) Hieher gehört der sogenannte Federkohl, ein buntblättriger Winterkohl (Brassica oleracea acephala), der ein Gemisch des Grünkohls und Braunkohls darstellt (Metzger, Kohlarten p. 20).

**) Die in den Gärten häufige Bandrose ist eine Rosa gallica mit weisser, rothgestreifter Blüthe, an welcher zuweilen halb, ja auch ganz rothe Blüthen erscheinen.

***) So bei dem zweifarbigen Morillon (Mor. panaché) v. Babo und Metzger, Wein- und Tafeltrauben p. 169. Heft IX. t. 4.

Digitized by Google

Stocke vereinigt erscheinen. Es ist diess jedoch eine weit seltenere Erscheinung, als das Vorkommen mehrerer Varietäten an einem Stocke, denn gewöhnlich kehren Bastarde, wie die berühmten Versuche von Koelreuter *) gezeigt haben, nur auf dem Wege der Fortpflanzung, je nachdem sie mit der einen oder anderen Stammart durch mehrere Generationen hindurch befruchtet werden, zu dieser zurück. Das einzige mit Sicherheit bekannte Beispiel des Zurückschlagens einer Bastardpflanze in die Stammarten am Stocke selbst bietet die in jüngster Zeit in den Gärten allgemein verbreitete Mittelart von Cytisus Laburnum und C. purpureus (C. Laburno-purpureus Walpers **), C. Adami Poiret ***)), deren Bastardnatur, ungeachtet der entgegenstehenden Behauptungen von Loudon †) und Reissek ††), wohl nicht

*) Vergl. dessen vorläufige Nachrichten von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen, namentlich die dritte Fortsetzung (1766) p. 51, wo die „gänzliche Verwandlung einer natürlichen Pflanzenart in die andere", nämlich der Nicotiana rustica in N. paniculata, dargestellt ist. Durch die erste Befruchtung der N. rustica mit N. paniculata wurde ein Bastard erhalten, der erst „im vierten aufsteigenden Grad", d. h. nach 3 durch abermalige Befruchtung mit N. pan. erhaltenen Uebergangsgenerationen, völlig die Beschaffenheit der väterlichen Pflanze annahm.

Nic. rustica ♀
— paniculata ♂ } ♀
— paniculata . . . ♂ } ♀
— paniculata . . . . . . ♂ } ♀
— paniculata . . . . ♂ } ♀
— paniculata . . . . ♂ } N. paniculata.

**) Repertor. I. (1842) p. 634, woselbst zwei Abbildungen desselben (the Botanis I. t. 7. — Bot. Regist. t. 1965) citirt werden.

***) So wird der Autor des Namens C. Adami allenthalben angegeben; wo Poiret eine Notitz oder Beschreibung der Adam'schen neuen Pflanze gegeben hat, ist mir nicht bekannt.

†) Nach Loudon soll (zu Folge einer Bemerkung in der bot. Zeitung 1843. p. 133) Adam seinen neuen Cytisus durch Propfen einer Knospe des C. purpureus auf C. alpinus (?) erhalten haben. Die daselbst citirte Quelle dieser Angabe (Gard. Mag. XII. 225 und XV. 122) kann ich nicht vergleichen.

††) Nach Reissek (in Haidinger, Berichte über die Mittheil. von Freunden der Natur in Wien I. p. 12, ausgezogen in Flora 1846 p. 623 und 1848 p. 26

Digitized by Google

bezweifelt werden kann, da die französischen Autoren*) dieselbe einstimmig behaupten, und diese Behauptung in der von Hénon und Seringe beobachteten und durch das Verhalten der Exemplare im Carlsruher und Freiburger botan. Garten bestätigten Sterilität des C. Adami eine kräftige Stütze findet. C. Adami trägt seinen Namen nach dem Handelsgärtner Adam in Vitry bei Paris, welcher denselben im Jahr 1826 erzog. Die Mutterpflanze soll C. Laburnum, der Vater C. purpureus sein**). Durch baumartigen Wuchs und vielblüthige Trauben gleicht er dem gemeinen Goldregen weit mehr, als dem

---

in Hornschuch's Abhandlung über die Ausartung der Pflanzen, welche Auszüge mir allein bekannt sind) soll ein im Wiener bot. Garten befindlicher Strauch von Cytisus Laburnum, welcher früher immer nur die dieser Pflanzenart eigenen gelben Blüthen getragen hatte, im Frühling 1846 plötzlich auf einigen Aesten die rothen Blüthen des C. Adami, hie und da auch in derselben Blüthentraube rothe und gelbe Blüthen gemischt, hervorgebracht haben; ja aus einem gelbblühenden (?) Aste dieses Strauches soll ein Zweig entsprungen sein, welcher vollkommen den C. purpureus darstellte. Hornschuch findet in dem so von Reissek erzählten Ereigniss ein Analogon zu vielen anderen merkwürdigen Umwandlungsgeschichten, welche er aus älterer und neuerer Zeit berichtet (z. B. dem Hervorwachsen eines Lolchastes aus einem Waizenstock, dem Vorkommen einzelner Haferährchen an Waizenähren, des durch bestimmte Behandlung erzielten Uebergangs von Hafer in Roggen u. s. w.), und einen schlagenden Beweis von der Möglichkeit der Umwandlung einer Pflanzenart in die andere. Ohne auf die Streitfrage im Allgemeinen einzugehen, findet sich für den vorliegenden Fall eine leichte und, wie ich glaube, nicht allzugewagte Erklärung in der Annahme, dass eine unbekannte Hand dem erwähnten Strauch von C. Laburnum einige Propfreiser von C. Adami aufgesetzt hat, an denen zur Zeit der Beobachtung selbst schon wieder Umschlagungen in C. Laburnum vorhanden waren, und dass aus einem solchen Propfreis (gewiss nicht aus einem Laburnum-Ast) auch der erwähnte C. purpureus-Zweig hervorgewachsen.

*) Hénon (und Seringe), Ann. des sc. phys. et nat. de la soc. d'agricult. de Lyon. T. II. (1839) p. 375. — Buchinger, Flora 1842. I. p. 378. — Kirschleger, Institut 1843 p. 372 und Essai de Tératol. vég. (1845) p. 71. — Chevreul, Ann. des sc. nat. T. VI. (1846) p. 186.

**) Kirschleger l. c.

Digitized by Google

niedrigstrauchartigen C. purpureus mit zweiblüthigem, zwischen den Blättern versteckten Blüthenstand; doch sind die Blüthentrauben kürzer und minder reichblüthig. Die schmutzigrosenrothe Farbe der Blüthen, die Glätte der Blätter, Kelche und Fruchtknoten, welche bei C. Laburnum seidenhaarig sind, erinnern dagegen mehr an C. purpureus. Seit Ende der dreissiger Jahre hat man nun an den verschiedensten Orten (so namentlich in Lyon, Strassburg, Schiltigheim, München, Wien, Carlsruhe, Freiburg) die Beobachtung gemacht, dass an den Stöcken von C. Adami einzelne Zweige erscheinen, welche (ohne alle vermittelnden Uebergänge *)) den gelbblühenden und seidenhaarigen C. Laburnum wieder völlig rein darstellen, oder auch, was bei der grossen Verschiedenheit in der Tracht noch auffallender ist, Zweige, welche vollkommen dem C. purpureus angehören. Gewöhnlich erscheint nur die eine oder die andere der beiden Stammarten auf diese Weise **), zuweilen treten aber auch beide an demselben Stocke auf ***). Die Sprossbildung, und zwar die Bildung der Zweigknospen, ist also hier der Wendepunkt, mit

---

*) Kirschleger sagt zwar: „J'ai pu même, en 1844, observer toutes les transitions de ces trois sortes de branches (avec leurs inflorescences et leurs fleurs) les unes aux autres", allein diese Behauptung ist gewiss unrichtig. Kirschleger hat sich wohl durch die gemischten Infloreszenzen und Blüthen, welche ich näher beschreiben werde, täuschen lassen.

**) So habe ich es in Carlsruhe und Freiburg beobachtet, wo ich niemals beide Stammarten aus demselben Stocke hervorkommen sah. Ebenso fand es auch Buchinger. Ich führe diesen Umstand ausdrücklich an, um zu bemerken, dass die von Chevreul (l. c.) gegebene Erklärung, nach welcher das Zurückschlagen des C. Adami in seine Stammarten als eine Zerlegung des Bastards in seine zwei Faktoren (etwa wie bei einer chemischen Zerlegung) betrachtet wird, unpassend ist.

***) Diess wird z. B. ausdrücklich behauptet von dem in dem Garten des Prof. Schweighäuser zu Schiltigheim befindlichen Baum, welchen Kirschleger beschreibt. Da wahrscheinlich alle in den Gärten verbreiteten Exemplare des C. Adami Ableger eines einzigen Mutterstockes sind, so verliert übrigens der Unterschied, ob an dem einzelnen Exemplar beide oder nur die eine Stammart zum Vorschein kommen, an Bedeutung.

Digitized by Google

welchem das Rückschlagen des Bastards in die Stammart eintritt; die rückschlagenden Knospen entwickeln sich zu stärkeren oder schwächeren Zweigen, welche in allen Theilen (Stengel-, Blatt-, Blüthen- und Fruchtbildung) ganz der einen oder der anderen Stammart angehören. Zuweilen kommt jedoch auch der Fall vor, dass der Umschlag zur Stammart erst in den kleinen Zweiglein der Inflorescenz, d. i. beim Uebergang zur einzelnen seitlichen Blüthe des Racemus, stattfindet, wodurch der Stammart angehörige Blüthen an der Inflorescenz des Bastards entstehen und gemischte Blüthentrauben gebildet werden. Diese könnten möglicher Weise von dreierlei Art sein, nämlich 1) C. Adami gemischt mit Blüthen von C. Laburnum; 2) C. Adami gemischt mit Blüthen von C. purpureus; 3) C. Adami gemischt mit Blüthen beider Stammarten. Ich habe bis jetzt nur den ersten von diesen drei Fällen beobachtet, welchem auch die von Hénon beschriebenen gemischten Trauben angehören, indem sie einzelne gelbe (dem C. Laburnum angehörige) Blüthen unter den gewöhnlichen rosenrothen des C. Adami zeigten *). Diese gemischten Trauben zeigen zugleich das Eigenthümliche, dass die gelben Blüthen Frucht ansetzen, während die rosenrothen gleich nach der Blüthezeit abfallen, so wie denn überhaupt mit der Rückkehr des C. Adami zu der einen und zu der anderen Stammart sogleich auch die in dem Bastard verlorene Fruchtbarkeit wieder eintritt. Das Sonderbarste endlich, was bei der Rückkehr des C. Adami zu C. Laburnum vorkommt, ist die Erscheinung von gemischten Blüthen, welche sowohl im Kelch, als in der Blumenkrone theilweise dem C. Adami, theilweise dem C. Laburnum angehören, ja bei welchen selbst einzelne Kelchabschnitte und einzelne Blumenblätter mitunter halbirt sind, indem

*) Es ist in Beziehung auf die Bastardnatur des C. Adami nicht unwichtig zu bemerken, dass die umgekehrte Erscheinung, nämlich dem C. Laburnum angehörige Trauben untermischt mit einzelnen Adami-Blüthen, weder von Andern, noch von mir beobachtet wurde. Wenn diese gemischten Trauben auf einem theilweisen Rückschlagen des Bastards zur Stammart beruhen, so kann dieser Fall auch gar nicht vorkommen.

Digitized by Google

die ersteren halb röthlichbraun und glatt (C. Adami), halb graugrün und seidenhaarig (C. Laburnum), die letzteren halb roth (C. Adami), halb gelb (C. Laburnum) erscheinen. Eine genau aufgenommene Blüthentraube, an welcher diese Erscheinung vorkam *), zeigte unter 32 Blüthen, welche sie im Ganzen trug, 21 unveränderte C. Adami-Blüthen, 3 reine C. Laburnum-Blüthen und 8 gemischte, von denen die 7 auf der beifolgenden Tabelle **) zusammengestellten in Kelch und Blumenkrone nachstehende Mischungsverhältnisse zeigten ***).

Nro. der Blüthe.		Kelchblätt.	Blumenblätt.	Zusammen.	
I.	Adami	4½	3½	8	10
	Laburnum	½	1½	2	
II.	Adami	4	4	8	10
	Laburnum	1	1	2	
III.	Adami	2½	3½	6	10
	Laburnum	2½	1½	4	
IV.	Adami	2½	3	5½	10
	Laburnum	2½	2	4½	
V.	Adami	2½	2	4½	10
	Laburnum	2½	3	5½	
VI.	Adami	2½	1	3½	10
	Laburnum	2½	4	6½	
VII.	Adami	1	0	1	10
	Laburnum	4	5	9	

Es bedarf kaum der Bemerkung, dass diese an Cytisus Adami erscheinenden gemischten Blüthen völlig analog sind den früher betrachteten Beispielen gemischter Blüthen (und Früchte); der Unterschied ist nur der, dass dort ein

*) Im Carlsruher bot. Garten, Mai 1843.

**) Vergl. hiezu die Grundrisse auf Tafel III und die dazu gehörige Erklärung. Die achte gemischte Blüthe war nicht mehr vollständig erhalten.

***) Die Beschaffenheit der Staubblätter und Fruchtknoten dieser Blüthen genauer zu untersuchen habe ich versäumt.

Digitized by Google

mit welcher wir auch dem natürlichen Systeme seine wahre und objektive Bedeutung geben, die es bei bloss subjektiv-abstrakter Auffassung der Natureintheilungen gänzlich verliert*). Zwar können wir den gemeinsamen Ursprung

---

*) Die wahre Anerkennung des Naturorganismus und seiner Gliederungen, als objektiver, von der Natur selbst ausgesprochener Thatsachen, ist für die höhere einheitliche Gestaltung der Naturgeschichte ein wesentliches Bedürfniss. Die dagegen bestehende Abneigung hat, abgesehen von einseitigen philosophischen Voraussetzungen, unter den Botanikern ihren Grund wohl hauptsächlich in der früher herrschenden Cultur der künstlichen Systeme, und in der Schwierigkeit des Aufbaus des wahrhaft natürlichen. Linne selbst übrigens, der Gründer des bedeutendsten künstlichen Systemes in der Botanik, betrachtet Arten und Gattungen nachdrücklich als objektive Werke der Natur (Phil. Bot. §. 162), und erklärt die Klassen und Ordnungen des künstlichen Systems für einen Nothbehelf, bis die natürlichen erkannt sind (§. 161). Auffallend ist es, wenn man selbst bei solchen Autoren, welche einer objektiven Auffassung des Gattungs- und Artbegriffes zugeneigt sind, die Behauptung findet, bloss das Individuum existire realiter (so z. B. bei Spring, über die naturhist. Begriffe von Gattung, Art und Abart. 1838. p. 22. 23). Die Anerkennung des Individuums, als real existirenden, bei Läugnung der natürlichen Wirklichkeit der umfassenderen Gliederungen des Naturorganismus, ist eine Inconsequenz, welche auf der Täuschung beruht, als ob das Individuum uns in der Erscheinung unmittelbar gegeben sei, während doch leicht einzusehen ist, dass auch das Individuum, als solches, d. h. als ein einiges Wesen, nur mittelbar in der Anerkennung der inneren Einheit, welche durch eine Reihe von Erscheinungen, in denen es sich darstellt, hindurchgeht, erfasst werden kann. Kind, Mann und Greis; Raupe, Puppe und Schmetterling sind nicht als äussere Erscheinung, sondern nur ihrem geistigen Wesen nach als ein und dasselbe natürliche Einzelwesen zu erfassen. Der äussere Zusammenhang in der zeitlichen Erscheinungsreihe des Individuums bietet keinen Grund, dasselbe wesentlich anders zu betrachten, als die umfassenderen systematischen Gliederungen, denn dasselbe findet sich ja auch in der Erscheinungsreihe der Species wieder, deren aufeinanderfolgende Glieder (die Individuen) durch die Fortpflanzung in direktem Zusammenhang stehen. Dass das Individuum kein Recht hat in anderem Sinne als real betrachtet zu werden, als die Species, das Genus u. s. w., darauf weist uns ganz besonders der sogenannte Generationswechsel hin, welcher uns den merkwürdigen Fall zeigt, dass das Individuum im

Digitized by Google

und den geschichtlichen Zusammenhang unter den Gliedern der umfassenderen Abtheilungen des Pflanzenreichs nicht mehr so handgreiflich nachweisen, wie es für die Geschichte des Individuums in Zell-, Blatt- und Sprossbildung,

höheren Sinn (das biologische Individuum) in eine begrenzte oder unbegrenzte Reihe untergeordneter (morphologischer) Individuen zerfällt, welche bald in bleibendem Zusammenhang, als verbundene Familienglieder, sich entwickeln, wie bei der durch Sprosserzeugung bedingten Stockbildung der Zoophyten und Pflanzen, bald sich völlig trennen, wie bei den Entozoen, Blattläusen, Medusen und bei den auch im Pflanzenreich nicht seltenen Fällen von natürlicher Ablösung der Knospen. Ja die Natur geht bei der Pflanze noch weiter, indem sie auch den dem morphologischen Individuum untergeordneten kleinsten Bildungskreisen, die man Zellen zu nennen pflegt, eine solche Selbstständigkeit der Lebensfunktionen verleiht, dass dieselben in gewissem Sinne als Individuen betrachtet werden können, die zwar bei den höheren Gewächsen ein dem Ganzen des Organismus eingewobenes Leben führen, bei niederen aber, sich trennend, oft eine isolirte individuelle Existenz erlangen (p. 133. 134 u. f.), in beiden Fällen in ihrer durch einen der Fortpflanzung analogen Vorgang vermittelten Aufeinanderfolge und Vermehrung einen Generationswechsel untergeordneter Art darstellend. Nach dem Grundsatze, dass bloss das Individuum realiter existire, müssten diejenigen, welche das Individuum der Pflanze bloss in der Zelle anerkennen, die Zellen der Pflanze allein für reale Wesen erklären, den Pflanzenstock, den Spross, das Blatt u. s. w. aber für wesenlose Aggregate. Allein wo bleibt die Individualität der Zelle, als äusserer Erscheinung, wenn wir sehen, dass selbst diese ihre Verwandlung, ihre successive Erneuerung hat, so dass sie, äusserlich betrachtet, nicht dieselbe bleibt, sondern stets eine andere wird, solange die Lebensthätigkeit in ihr andauert (p. 187 u. f., 245 u. f.)? Die Realität lässt sich somit nirgends, auch nicht im kleinsten Kreise, unmittelbar erfassen in der abgerissenen Erscheinung, sondern überall nur mittelbar in der Anerkennung des die Erscheinung in ihrem Zusammenhang wirkenden Wesens. Wie nun das Individuum sich realisirt durch eine zeitliche Succession von Bildungen und räumliche Theilung in untergeordnete Glieder, ebenso realisirt sich die Species in einer durch die Individuen dargestellten Gliederung höherer Ordnung, vermöge welcher sie, ebenso wie das Individuum, in zeitlicher Folge und räumlicher Ausbreitung ihren Formenkreis durchläuft; so realisirt sich, als weiteres übergeordnetes Ganze, die Gattung durch den Kreis der Arten, die Familie durch die Gattungen u. s. w.; so

Digitized by Google

und wie es für die Geschichte der Species für die durch die Fortpflanzung vermittelte Bildung der Individuen und für den Kreis der Varietäten, welcher dabei zur Entwicklung kommt, der Fall ist; allein bedeutsame Fingerzeige wenigstens, welche auf den zeitlichen und räumlichen Zusammenhang in der Entwicklungsgeschichte des Pflanzenreichs im Ganzen und in seinen Theilen hinweisen, bietet uns die Flora der Vorwelt *), so wie die geographische Verbreitung der Pflanzen in der jetzigen Epoche **).

Nachdem wir nun die Verjüngung im Allgemeinen, und insbesondere in den Vorgängen des Pflanzenlebens, betrachtet, nachdem wir sie endlich, aus den engeren Kreisen der Entwicklung der Einzelwesen aufsteigend, auch in den weiteren Kreisen des Naturorganismus wieder zu finden gesucht haben, und auf diese Weise zu der Ueberzeugung gekommen sind, dass sie aller

---

realisirt sich endlich die ganze Natur durch den Entwicklungsprozess, der alle Glieder ihres Organismus nacheinander und nebeneinander zum Dasein bringt, und das Ganze jedes Gliedersystems in allen diesen Kreisen ist in seiner Darstellung durch die Glieder gewiss nicht weniger real zu nennen, als die Theile, die ohne das Ganze nicht wären. Soll die Behauptung, dass bloss das Individuum real sei, eine Bedeutung haben, so müssen wir auch die Arten, Gattungen, Familien, Klassen und Reiche als Individuen höherer Ordnung betrachten, eine Betrachtungsweise, welche in sofern eine begründete genannt werden kann, als alle diese Gliederungen auf besonderen thatsächlichen Bestimmungen des Naturlebens beruhen, so wie auch die Natur im Ganzen, wie sie sich auf unserem Planeten gestaltet hat, als eine individuelle zu betrachten ist, die, wenn auch nach demselben ewigen Urbild geschaffen, doch gewiss ihre eigene, von der Natur auf anderen himmlischen Sphären verschiedene Art und Weise besitzt.

*) Vergl. p. 9—11. Das Gesetz der Entwicklung tritt durch die neueren Arbeiten über die Beschaffenheit des Pflanzenreichs in den vorweltlichen Epochen immer deutlicher hervor. Man vergleiche in dieser Beziehung die neuste Zusammenstellung von Ad. Brongniart in dessen tableau des genres de végét. fossiles (1849) p. 93.

**) Man vergleiche z. B. das Vaterland der Familie der Cacteen, der cactusartigen Euphorbien, der Epacrideen, der Gruppe der Heliophileen aus der Familie der Cruciferen, der artenreichen Gattungen Stapelia, Pelargonium, Aloë, Agave u. s. w.

Digitized by Google

lebendigen Gliederung, aller stufenweisen Entwicklung zu Grunde liegt; dass sie es ist, durch welche nicht nur das Einzelwesen von einer Bildung zur anderen fortschreitet, sondern auch die ganze Kette der Wesen von Generation zu Generation fortgeführt wird; durch welche die kleinsten Schritte des organischen Aufbaus eingeleitet, und auch die grössten Uebergänge der Natur ins Werk gesetzt, die Metamorphose im Einzelnen, wie die Umgestaltung der Natur im Ganzen von Weltalter zu Weltalter vermittelt wird, so mag am Schlusse unserer Betrachtung die Frage nicht unvorbereitet erscheinen, welche Eigenschaft des Lebens es eigentlich ist, die sich in der Erscheinung der Verjüngung usspricht? Man wird zunächst im Allgemeinen zugestehen müssen, dass die geordnete Folge der Verjüngungserscheinungen, wie sie uns in jeder natürlichen Entwicklungsgeschichte vor Augen tritt, sich nicht durch die Wirkung äusserer Naturkräfte erklären lässt, sondern auf einen inneren Grund hinweiset. Jeder Entwicklungsprozess zeigt in seinem Verlaufe eine Planmässigkeit, die nur in einer inneren Lebensbestimmung ihren Grund haben kann; er zeigt uns zugleich allen äusseren Einflüssen gegenüber eine Selbstständigkeit, welche die innere Kraftbegabung des Lebens beweiset. Die Art und Weise, in welcher die innere, in ihrem Grunde geistige Natur des Lebens sich insbesondere in der Erscheinung der Verjüngung manifestirt, können wir im wahren Sinne des Worts als Erinnerung bezeichnen, als die Gabe, gegenüber der Veräusserlichung und Veraltung des Lebens in der Erscheinung, die innere Bestimmung von Neuem zu erfassen und mit erneuter Kraft nach aussen zu wenden, um sie über jede Einseitigkeit und Unvollkommenheit der äusseren Darstellung hinauszuführen zu wiederholter und, nach Maassgabe des Fortschrittes der Entwicklung, mehr und mehr geläuterter Verwirklichung der ursprünglichen Lebensaufgabe. Die Erinnerung der inneren Lebensvorsätze erscheint uns innerhalb der bestimmten Stufe der Entwicklung in der wiederholten Darstellung der gleichen Lebensgestalt; sie erscheint uns, rückgreifend, in dem Wiederhervorrufen längst überschrittener, oder aber, bei fortschreitender Entwicklung, in der Hervorbringung neuer, aber in der ursprünglichen Bestimmung involvirter

Digitized by Google

Lebensgestalten. Müssen wir es nicht Erinnerung nennen, wenn in der Folge der Generationen mit jedem neuen Individuum die alte specifische Natur wieder ins Leben tritt? Ist es nicht in noch auffallenderer Weise Erinnerung, wenn im Laufe der Verjüngungen eine längst verlassene Stammform plötzlich wieder ins Dasein zurückkehrt, wie bei dem Zurückschlagen der Varietäten und dem Rückgang der Bastarde in die Mutterarten, von welchem wir ein so merkwürdiges Beispiel an Cytisus Adami kennen gelernt haben? Den durch die Verjüngung vermittelten Fortschritt zu neuen, dem Gange der Entwicklung gemässen Gestaltungen haben wir in der Metamorphose des Einzelwesens, wo er unserer beschränkten Beobachtung am meisten zugänglich ist, näher betrachtet; offenbart sich in ihm nicht am entschiedensten die innere Bewahrung und Bethätigung der ursprünglichen Lebensbestimmung durch alle Zwischenbestimmungen hindurch, welche der Eintritt in die Verbindung mit den niederen Naturstufen, von welchem die Entwicklung ausgeht, verlangt? Wie aber im Einzelnen, so gewiss auch im Ganzen der Natur, mit welchem das Einzelne durch die im tiefsten Grunde allem Leben gemeinsame Bestimmung verbunden ist. Für diesen Zusammenhang bürgt uns die Einheit des Ziels, in welchem wir den Bau der ganzen Natur seinen Schlussstein erreichen sehen. Ist es nicht auch hier wieder die Erinnerung der ursprünglichen Bestimmung des geschöpflichen Lebens, welche den Entwicklungsgang der ganzen Natur von den ersten Regungen des Lebens durch unendlich zahlreiche Verjüngungsglieder stufenweise emporhebt bis zur Erscheinung des Menschen? welche endlich die Menschheit selbst treibt, sich in immer tiefer schöpfender Erinnerung ihrer hohen, die ganze Natur umfassenden und an die ewige Quelle aller inneren Lebensbestimmung und Kraftbegabung anknüpfenden Aufgabe von Geschlecht zu Geschlecht zu verjüngen?

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Tab. I.

***Palmogloea macrococca Kützing?* *)**

(Coccochloris Brebissonii Thwaites.)

Fig. 1 — 42.

Sämmtliche Figuren nach Exemplaren aus dem Höllenthal bei Freiburg. Die Figuren 21 — 41 stellen die Copulation der Zellen und die dadurch bedingte Bildung der Samenzellen dar, wie solche p. 145. 216. 305. des Textes beschrieben ist. Vergrösserung 350fach.

Fig. 1. Eine Zelle von mittlerer Länge mit unterscheidbarer Gallerthülle.

Fig. 2. Eine Zelle, welche das Maximum des Längenwachsthums erreicht hat.

---

*) Die von Kützing aufgestellten Arten der Gattung Palmogloea sind weder nach den in den Spec. Algarum angegebenen Merkmalen, noch nach den Abbildungen der phycologischen Tafeln mit Sicherheit zu bestimmen. Bei der auf obiger Tafel dargestellten Art sind die gallertartigen Zellhüllen bald einzeln unterscheidbar, bald nicht, wodurch schon die Abtheilung, in welcher die Art zu suchen ist, zweifelhaft wird. Die grünen Zellen wechseln in der Länge von $\frac{1}{60}$ bis zu $\frac{1}{20}$ Mill., also ungefähr von $\frac{1}{142}$ bis $\frac{1}{45}'''$, so dass die von Kützing angegebenen Grössenunterschiede gleichfalls kein sicheres Anhalten geben. Es ist bei dieser Wandelbarkeit der Charaktere nicht unwahrscheinlich, dass mehrere der von Kützing aufgeführten Arten, namentlich P. rupestris, macrococca, vesiculosa, lurida, rufescens und crassa, als Formen einer und derselben Art vereinigt werden müssen.

Digitized by Google

Fig. 3. Eine in Theilung begriffene Zelle.

Fig. 4. Ein durch Theilung entstandenes Zellpaar, dessen Theile sich noch berühren.

Fig. 5 und 6. Dessgleichen, aber die beiden, noch von der gemeinsamen Hüllmembran der Mutterzelle umschlossenen Tochterzellen sind bereits auseinandergewichen, ohne jedoch unterscheidbare besondere Hüllen zu zeigen.

Fig. 7. Zwei schon stark verlängerte und mit besonderen Hüllen versehene Zellen, welche von der noch unterscheidbaren gemeinsamen Mutterhülle umschlossen sind.

Fig. 8. Eine Zelle von mittlerer Länge mit zwei Bläschen im Innern, deren Natur zweifelhaft ist; zwischen beiden und mehr seitlich befindet sich ein (öfters bemerkbarer) hellerer Raum.

Fig. 9. Eine ähnliche Zelle, in welcher der dunkler grüne Theil des Inhalts eine ziemlich scharfumschriebene, mit einer Einschnürung in der Mitte versehene Masse bildet.

Fig. 10. Dieselbe Zelle um 1/4 gedreht, wobei die grüne Masse im Innern schmäler und neben ihr ein heller Fleck erscheint.

Fig. 11. Eine andere Zelle in derselben Stellung mit noch stärker zusammengedrücktem grünem Körper im Innern, an die Gattung **Mesotaenium** Näg. (einzell. Alg. t. VI. B) erinnernd.

Fig. 12. Dieselbe Zelle vom Scheitel gesehen.

Fig. 13. Eine ähnliche Zelle, bei welcher die plattenartige grüne Masse im Innern in der Mitte unterbrochen ist.

Fig. 14. Zwei durch kurz vorhergegangene Theilung entstandene sehr kurze Zellen, im Innern mit plattenartig-zusammengedrückten grünen Massen von schiefer Stellung.

Fig. 15 und 16. Reihen von sich berührenden Zellen ohne unterscheidbare Hüllmembranen, wie sie bei sehr rascher Vegetation durch schnell aufeinanderfolgende Theilungen zuweilen entstehen. Die Anordnung der Zellen in diesem Fall zeigt, dass die Theilung stets nur in einer Richtung stattfindet.

Digitized by Google

Fig. 17 — 20. Mit Jodtinktur behandelte Zellen, wodurch die dunkler grüne Masse im Innern bräunlich gefärbt wird und einen dunkelbraunen Kern zeigt, der aber nicht scharf umschrieben zu sein scheint und sicher kein Amylon enthält.

Fig. 21. Zur Copulation sich anschickende, mit einer seitlichen warzenförmigen Vorragung versehene Zelle.

Fig. 22. Zwei ähnliche mit den warzenförmigen Vorragungen zusammenstossende Zellen.

Fig. 23 — 27. Durch Verbindung und Ineinandermündung der seitlichen Vorragungen copulirte Zellen mit theils kürzerem, theils längerem Verbindungsstück.

Fig. 28. Ebenso, aber die eine Zelle mit der anderen sich kreutzend.

Fig. 29. Zwei seitlich verbundene, stark gegeneinander verschobene Zellen.

Fig. 30 — 32. Copulirte Zellen, deren eine mit dem Ende auf die Seite der anderen aufgesetzt ist.

Fig. 33. Durch Erweiterung des Verbindungsstückes weiter fortgeschrittene Copulation. (Die Zellen der Figuren 21 bis 33 zeigen bereits deutliche Oeltröpfchen im Innern.)

Fig. 34 — 37. Durch weiter fortgeschrittene Copulation gebildete, aber noch zweilappige Uebergangsformen, die jedoch manchmal in dieser Form verharren.

Fig. 38 — 40. Durch völlige Vereinigung von je zwei copulirten Zellen gebildete Samenzellen. Sie sind, ebenso wie die unter Fig. 34 — 37 dargestellten, fast ganz mit grösseren Oeltropfen erfüllt und mit einer dickeren Zellhaut versehen, als vor der Copulation.

Fig. 41. Scheint eine Vereinigung von drei Zellen zu sein, die mir nur einmal vorgekommen ist.

Fig. 42. Eine Gruppe von 4 Zellen, von einer derberen Hülle umschlossen, wahrscheinlich durch Theilung des Inhalts einer Samenzelle entstanden.

Digitized by Google

Schizochlamys gelatinosa A. Br.

Fig. 43 — 50.

Bildet gallertartige Ueberzüge an Wasserpflanzen oder auch schwimmende Massen in den Torfmooren des Schwarzwaldes. Vergl. im Text p. 193. 246. Vergrösserung 600fach.

Fig. 43. 44. Zwei Zellen, welche ihre Zellhaut durch regelmässige Spaltung in zwei Hälften ablegen, ohne sich dabei selbst zu theilen.

Fig. 45. Eine Zelle, welche nach Ablegung der früheren Zellhaut bereits eine neue, von der grünen Innenzelle auf der einen Seite etwas abstehende Zellhaut gebildet hat.

Fig. 46. Ablegung der Zellhaut durch Spaltung in 4 Stücke und gleichzeitige Theilung der Zelle in zwei Tochterzellen.

Fig. 47. Wie Fig. 46, aber die zwei neuen Zellen haben sich bereits wieder mit Zellhäuten bekleidet.

Fig. 48. Ebenso, aber die abgelegte Zellhaut nur in 2 Theile gespalten.

Fig. 49. Die abgelegte Zellhaut ist in 4 Theile zerfallen, die Innenzelle hat sich durch doppelte Zweitheilung in eine Zellgruppe aus 4 decussirten Zellen verwandelt.

Fig. 50. Ebenso, aber die 4 neuen Zellen sind bereits auseinandergewichen und mit neuen Zellhäuten bekleidet.

Tab. II.

Pediastrum granulatum Kützing).*

Fig. 1 — 23.

Mehrfache Abänderungen, sämmtlich aus einer und derselben kleinen Wasserpfütze bei Freiburg stammend. Fig. 1—9 die Fortpflanzung darstellend (vergl. p. 173. 197. 213. 267). Vergrösserung 400fach.

---

*) Bei der Bezeichnung der Species wähle ich diejenige Bestimmung, welche mir die unzweifelhafteste zu sein scheint, bemerke jedoch, dass mehrere andere von Kützing unterschiedene Arten wahrscheinlich zu derselben

Digitized by Google

Fig. 1. Ein altes, durch Geburt der Gonidien grossentheils schon entleertes Scheibchen. Die Entleerung der Zellen dieses Exemplares, des ersten, an welchem ich die Fortpflanzung beobachtete, erfolgte unter meinen Augen in der Ordnung der Buchstaben a. bis e., und zwar an einem Herbsttage (den 24. Nov. 1848) nach Mittag; die nicht bezeichneten leeren Zellen waren schon vor Anfang der Beobachtung, wahrscheinlich am Vormittag desselben Tages, entleert worden. Mehrere der entleerten Zellen (z. B. a., b., c., e.) zeigen deutlich einen queren Riss, durch welchen der Inhalt entfernt wurde; bei den übrigen geschah die Entleerung nach der abgewendeten Seite, wesshalb die Spalte in der gegebenen Lage des Scheibchens nicht sichtbar ist. Eine Zelle ist gerade in der Entleerung begriffen, indem die Gonidien zum Theil schon in den vorragenden Theil der von der aufquellenden innersten Lamelle der Mutterzellhaut gebildeten, in Form eines Bruchsacks hervordringenden Blase eingetreten, zum Theil noch im inneren Zellraum befindlich sind. Drei andere Zellen besitzen noch ihren vollständigen Inhalt, jedoch in verschiedenem Zustand. Zwei derselben sind mit je 16 äusserst dicht zusammengedrängten Gonidien erfüllt, von denen aber, da sie eine doppelte Lage bilden, nur die Hälfte sichtbar ist. Die dritte noch nicht entleerte Zelle endlich ist gerade im Uebergang zur Gonidienbildung begriffen; sie zeigt die erste Theilung des Inhalts in zwei Hälften, von denen die eine selbst schon wieder getheilt erscheint. — Die Anordnung der 16 Zellen des ganzen Scheibchens ist eine ungewöhnliche nach $1+6+9$, wobei der äussere Kreis nicht geschlossen, und eine in die Lücke des äusseren fallende Zelle des inneren Kreises mit einem Horn versehen ist.

Species gehören, so namentlich P. Boryanum K., subulatum K., cruciatum K., und zum Theil auch P. Selenaea Auct., nämlich mit Ausschluss des P. Selenaea Ralfs (lunare und elegans Hassall) und des P. Selenaea Nägeli (pertusum K.). Die Länge der Hörner, so wie die Zuspitzung oder kolbenartige Abrundung derselben ist veränderlich; die punktirte Beschaffenheit der Zellwand fand ich dagegen constant; sie ist jedoch nur an ausgewachsenen und entleerten Exemplaren deutlich sichtbar.

Digitized by Google

Fig. 2. Eine neugeborene Familie unmittelbar nach der Geburt, von der Kante gesehen. Sie stammt aus der Zelle a. des unter Fig. 1 dargestellten Scheibchens. Die innerste Lamelle der Mutterzelle ist als äusserst zarte, die Gonidien umschliessende Blase ganz aus der alten Zelle hervorgetreten; die Gonidien im Innern der Mutterblase sind in lebhafter Bewegung.

Fig. 3. Dieselbe Familie in demselben Stadium von der Fläche gesehen.

Fig. 4. Dieselbe in einem späteren Stadium, nämlich eine starke Viertelstunde nach der Geburt, in der Stellung wie Fig. 2. Die so eben zur Ruhe gekommenen Gonidien haben sich in der Durchschnittsebene des Aequators der Mutterblase zur Fläche geordnet.

Fig. 5. Dieselbe in demselben Stadium von der Fläche gesehen. Die 16 Gonidien bilden, indem sie sich zur Colonie verbinden, ein kreisrundes 16zelliges Scheibchen nach der Anordnung 1 + 5 + 10; sie schliessen jedoch noch nicht fest aneinander. An dem nach aussen gewendeten Rande der Zellen ist bereits eine leichte Ausrandung bemerkbar.

Fig. 6. Eine andere junge Familie in demselben Stadium wie Fig. 5, etwa eine halbe Stunde nach der Geburt. Die Anordnung nach 5 + 11.

Fig. 7. Eine andere von demselben Alter, die Anordnung 6 + 10 zeigend.

Fig. 8. Die unter Fig. 2, 3, 4, 5 dargestellte Familie eine Stunde nach der Geburt. Die Ausrandung der Zellen ist bereits weiter fortgeschritten.

Fig. 9. Abermals dieselbe, aber 4 Stunden nach Eintritt der Ruhe (4¼ Stunde nach der Geburt). Die Ausrandung der randständigen Zellen geht in die Hörnerbildung über. Die Zellen schliessen immer noch nicht fest zusammen, sondern zeigen Lücken zwischen sich, so dass das Scheibchen in diesem Stadium Aehnlichkeit zeigt mit demjenigen von Pediastrum pertusum (Näg. einz. Algen t. V. 2. als P. Selenaea), welche Art aber auch im ausgebildeten Zustande die Lücken nicht verliert. Erst am zweiten Tage, nachdem während der Nacht eine Unterbrechung der raschen Gestaltveränderung der Zellen eingetreten war, schliessen sich die Zellen eng aneinander; zugleich erhalten die Hörner ihre gehörige Gestalt und Länge.

Digitized by Google

Fig. 10. Ein halbwüchsiges Scheibchen aus 4 Zellen, von denen 2 in der Mitte zusammenstossen. In jeder Zelle ist, wie diess im mittleren Alter gewöhnlich ist, ein Amylonkörnchen sichtbar. Die Mutterblase ist ausnahmsweise noch sichtbar, während sie gewöhnlich schon am zweiten Tage spurlos verschwunden ist.

Fig. 11. Ein älteres vierzelliges Scheibchen, dessen 4 Zellen in der Mitte zusammenstossen. Die bloss aus 4 Zellen gebildeten Familien sind übrigens bei dieser Art äusserst selten.

Fig. 12. Scheibchen aus 8 Zellen nach der Anordnung 2 + 6, welche bei dieser Art häufiger ist, als die Anordnung 1 + 7. Die zwei inneren Zellen sind am äusseren Rande ausgeschnitten, was mit der denselben opponirten Stellung zweier äusserer Zellen zusammenhängt.

Fig. 13. Ein ähnliches Scheibchen, aber die 2 inneren Zellen nicht ausgeschnitten, sondern mit einer stumpfwinkeligen Zuspitzung in die Commissur der mit denselben abwechselnden äusseren Zellen eingreifend.

Fig. 14. Scheibchen aus 8 Zellen nach 1 + 7, aus derselben Mutterscheibe stammend mit dem unter Fig. 11 dargestellten vierzelligen Scheibchen.

Fig. 15. Völlig ausgewachsene achtzellige Scheibe nach 1 + 7. Der Inhalt der Zellen dunkelgrün und körnig; die Amylonkörner nicht mehr sichtbar. Die Zellwände im Innern der Scheibe sind schwach purpuröthlich gefärbt, welche Färbung jedoch nur zuweilen bei erwachsenen Exemplaren eintritt.

Fig. 16. Achtzelliges Scheibchen nach 1 + 6 + 1, ein sehr seltener Ausnahmsfall.

Fig. 17. Scheibchen nach 1 + 5 + 10, welches bei 16 Zellen der häufigste Fall ist (vergl. Fig. 5).

Fig. 18. Scheibchen aus 16 Zellen nach 6 + 10, die 6 inneren jedoch anders gestellt, als bei Fig. 7.

Fig. 19. Dessgleichen, aber der äussere Kreis an den inneren so sich anschliessend, dass die Anordnung spiral erscheint.

Fig. 20. Abnormes Scheibchen aus 15 Zellen, von denen jedoch eine

Digitized by Google

Botrydium 136. 206. 236. 292.
Botryocystis 170. 223.
Breite des Blattgrundes 71.
Bromus 43.
Bryopsis 137. 150. 177. 286.
Buche s. Fagus.
Bulbochaete 150. 161. 167. 168. 196. 209. 223.
— *vermeintliche Copulation* 321.
Bupleurum rotundifolium 91.
Buxus 39.
Calliopsis bicolor 90.
Calluna vulgaris 242.
Calycanthus 82.
Campanula Medium 105.
Carex 108.
Carpinus 38. 57. 66.
Castanea 95.
Caulerpa 137. 186.
Centunculus 37.
Chaetomorpha 197. 199. 286.
Chaetophora 148. 161. 167. 195. 223. 240. 270.
Chantransia 153. 161. 196.
Characeae 181. 187. 251.
Characium 133. 197. 223. 247. 267.
Cheiranthus Cheiri gynantherus 104.
Chelidonium majus 81.
Chimonanthus 82.
Chlamidococcus 147. 169. 185. 209. 213. 219. 240. 255. 267. 276.
Chlamidomonas 223. 229.
— obtusa 230.
— tingens 230.
Chlorococcum 279.
Chroococcaceae 139. 185. 203. 209.
Chroococcus 140.
— decorticans 194. 246.
Chytridium 198. 279.
Cicendia filiformis 28.
Citrus Medica 86.
Cladophora 161. 186. 198. 213. 223. 236. 252. 257. 270. 286.
Closterium 143. 187. 300. 311.
— acerosum 312.
— curtum s. Penium.
— juncidum 312.
— Leibleinii 312.
— lineatum 311. 312.
— Lunula 149. 309.
— striolatum 312.
— Trabecula s. Docidium.
Coccoloba 63.
Cocconema 306.
Coleochaete 151. 289.
— pulvinata 161. 195. 223. 270. 319.
— scutata 149. 195.
Commarum 82.
Compositae 89. 94.
Conferva bombycina 196. 219. 223.
Conjugation 304.
Convallaria 37. 72. 96.
Copulation 302.
— *gleicher Zellen* 303.
— *ungleicher Zellen* 317.
Corypha umbraculifera 30.
Cosmarium s. Euastrum.
Crassulaceae 100.
Crocus 71.
Cruciferae 35. 96. 102. 103.
Cuticula 204. 261.
Cycas 14. 30. 61.
Cyclamen 37.
Cylindrocystis 307.
Cylindrospermum 156.
Cymatonema 151.
Cyperaceae 35. 97. 104.
Cystococcus 133. 197.

Digitized by Google

Cytisus Adami 27. 337.
— Laburnum quercifolius 333. 335.
Derbesia 197. 199.
Desmidiaceae 142. 149. 185. 264. 302. 311.
— *Bewegung* 217.
Desmidium 316.
Dianthus 80.
Diatomaceae 141. 149. 203. 264.
— *Copulation* 311.
Diclinische Blüthen 107.
Dictyosphaerium 141. 223. 255.
Didymoprium 311. 316.
Digitalis purpurea monstrosa 61.
Diphyscium foliosum 188. 246.
Docidium 312.
— Trabecula 192.
Draparnaldia 148. 161. 167. 195. 223. 240. 249.
Drosera 105.
Ectocarpus 134. 151. 197.
Eiche s. Quercus.
Einzellige Pflanzen 132.
Elymus europaeus 92.
Emilia sagittata 91.
Endococcus 286.
Endospermzellen 265. 298.
Entbildung der Zelle 187.
Enteromorpha 196. 267.
Epilobium 33.
Epimedium 58. 77. 81.
Equisetum 192.
Ericaceae 99. 100.
Eriocaulon 38.
Erhaltungssprosse 40.
Erstarkungsgenerationen 32. 46.
Erysiphe 279.
Erythraea pulchella 28.
Euactis 157. 189. 190.
Euastrum 143. 240. 315.
Euastrum margaritiferum 193. 315.
— Meneghinii 320.
Eunotia 306.
Euphorbia 25. 39. 40.
Exococcus 272.
Fagus 22. 34. 66.
— sylvatica sanguinea 333.
— — asplenifolia 335.
Farnbastarde 329.
Farne 30. 327. 329.
Fasciation 130.
Federkohl 336.
Festuca 43.
Flimmercilien der Algen 168.
— *Verschwinden derselben* 247.
Fortpflanzung der Zellen 243.
Fragaria vesca monophylla 332.
Fraxinus excelsior simplicifolia 332.
Fruchtblätter 68.
Fuchsia 82.
Fucoideae 152. 196. 271.
Fucus 134. 152. 196.
Fuirena 97.
Füllung der Blüthen 84.
Fumaria 83. 95.
Funkia coerulea 294.
Gährungspilze 272.
Galanthus 59.
Generationsfolge 35.
Generationstheilung 38.
Generationswechsel 54. 55. 113. 134. 344.
Gentiana 87. 98.
Geraniaceae 99.
Gesneriaceae 35.
Gipfelknospen 57.
Glaux 101.
Glechoma hederaceum 63.
Gleichenia 123.
Gloeocapsa 140. 146. 194. 203.

Digitized by Google

Gloeococcus 169. 223.
Gloeocystis 140. 172. 194. 203.
Glyceria aquatica 93.
Gomphonema 255. 306.
Gongrosira Sclerococcus 195. 223.
Gonidien 143. 146. 151.
— *bewegliche* 148. 152. 158. 167. 173. 180. 195. 282.
— *Dauer der Bewegung* 227.
— *Zeit der Bewegung* 237.
Gramineae 35. 91. 97. 104.
Grundorgane der Pflanze 116.
Haematococcus pluvial. s. Chlamidococcus.
Hapalosiphon 160.
Hassallia 160.
Hedysarum coronarium 35.
Heliconia cannoidea 77.
Helichrysum arenarium 25.
Helleborus foetidus 76. 80.
— niger 32. 58.
Hepatica 32. 58. 334.
Heracleum 73.
Himantidium 306.
Hochblätter 67. 89.
Hormidium 140.
— variabile 223.
Hyacinthus 21.
Hyalotheca 311. 316.
Hydrocharis 108.
Hydrodictyon 133. 135. 146. 167. 182. 197. 199. 203. 210. 223. 236. 237. 279.
Hydrophyllum canadense 76.
Hymenophyllum interruptum 123.
Hypecoum 83.
Hypericum 31. 33.
— calycinum 81.
Hypnum abietinum etc. 43.
Jacquinia 83. 99.
Jamesonia 123.
Jasione perennis 75.
Jasmineae 99.
Impatiens Balsamina 37.
Isoëtes 30. 56. 154. 202. 210. 213.
Isthmosira 311. 316.
Juncus 104. 114. 115. 119.
Juniperus 62. 69.
Jurinea Pollichii 25.
Keimbläschen 178. 295.
Keimzellen 143.
Kelchblätter 67. 98.
Kiefer s. Pinus.
Knospen 21.
Knospensenkung 60.
Labiatae 35. 95. 105.
Länge der Blätter 74.
Laubblätter 66. 89.
Laubschopfbildung 61.
Leguminosae 35. 95. 106.
Lemania 164.
Leptomitus lacteus 289.
Ligustrinae 35.
Limnanthes 102. 106.
Linaria 25. 33.
Linde s. Tilia.
Litorella lacustris 45.
Lolium 43. 92.
Lycopodiaceen 153.
Lycopodium annotinum 62.
Lysimachia Nummularia 33. 37. 62.
Lythrum 33. 85.
Mahonia 74. 75. 81. 96. 123.
Malvaceae 100. 102. 107.
Marsilia 207.
Mastichonema 157. 158. 199.
Mastichothrix 157. 158.
Melaleuca 60.
Melocactus 29.
Melosira 149. 319.

Digitized by Google

Mentha 31. 33.
Mertensia 123.
Mesocarpus 144. 308.
— notabilis 309.
Metamorphose 64. 342.
— *absteigende* 55.
— *aufsteigende* 63.
— *schwankende* 55.
Mirabilis Jalappa 336.
Monsonia 100.
Moosbastarde 330.
Morillon panaché 336.
Mougeotia 308.
Musa 78.
Myrtaceae 105.
Nardus 92.
Narcissus 56. 59. 84.
Nasturtium pyrenaicum 25.
Neubildung der Zelle 242.
— *mit Zweitheilung* 248.
— *mit Viertheilung* 272.
— *mit Vieltheilung* 277.
— *ohne Theilung* 285.
— *partielle* 291.
Nicotiana 98. 105.
Niederblätter 66. 89.
Nostoc 155.
Nymphaea 83.
Oedogonium 150. 158. 160. 167. 168. 173. 175. 181. 186. 195. 209. 223. 227. 240. 247. 264. 300.
— apophysatum 151. 174. 322.
— capillare 182.
— echinospermum 151. 322.
— fonticola 150. 182. 240.
— Landsboroughii 175. 322.
— *vermeintliche Copulation* 321.
Oel (fettes) 206. 208. 213.
— *Verschwinden desselben* 216.
Oenothera biennis-muricata 46.
— muricata 75.
Ophiocytium 278.
Ophioglossum 21. 63. 202.
Orchideae 35.
Ornithogalum sulphureum 295.
Oryza 93.
Oscillaria 140.
Oxalideae 99.
Oxalis Acetosella 58.
— stricta 33.
Oxyria 81.
Pachysandra 38.
Paeonia 75. 77.
— Moutan 102. 106.
Palmellaceae 140. 185. 203.
Palmogloea 142. 145. 216. 304.
Pandorina 169. 223. 227. 240.
Panicum mirabile 94.
Papilionaceae 105.
Paris quadrifolia 29. 37.
Parnassia palustris 242.
Passiflora *(Pollenbildung)* 265. 267.
Pediastrum 133. 173. 197. 213. 223. 267. 284.
Pedicularis palustris 75.
Penium 312.
— curtum 193. 203. 217.
— Jenneri 309.
Perigynium 107.
Petersilientraube s. Vitis vin. laciniosa.
Peziza 199. 278.
Pflanzenindividuum 21. 26. 132.
Phaseolus 35.
Phlox paniculata 76. 80.
Physalis Alkekengi 33.
Phytolacca 101.
Pinus 35. 42.
— *Pollenbildung* 265. 267. 274. 275.

Digitized by Google

Plantago lanceolata 61.
— major 37.
Platyzoma 123.
Pleurococcus 140. 277.
— miniatus 194. 228. 246.
Poa alpina 60.
— bulbosa 60.
Podophyllum 81.
Polemoniaceae 35.
Pollenkorn 247. 272.
Polygala 81.
Polygoneae 101. 105.
Polygonum 102.
Prasiola 140.
Primordialschlauch 167. 180.
Primulaceae 35. 99. 103. 106.
Protococcus 133. 135.
— viridis 223. 227. 229. 277.
Pteris aquilina 63.
Pulmonaria officinalis 75.
Pyrola 58.
Quercus 20. 22. 34. 39. 57. 66. 69. 74.
— pedunculata sanguinea 333.
Rafflesia 29.
Resorption der Zellen 206.
Rhamneae 100.
Rheum 102.
Rhizocarpeen 154. 272. 273.
Rhododendron 58.
Rhynchonema 309.
Ribes 82. 335.
Rivularia 157. 158.
Rivularieae 156. 189.
Robinia Pseudacacia inermis 333.
Rosa Eglanteria 335.
— gallica 336.
Rosaceae 105. 106.
Rubus idaeus integrifolius 332.
Rumex 81. 107.
Rumex Acetosella 25.
Rutaceae 85. 106.
Salvia 95.
Salix 57. 108.
Samenzellen s. *Sporen.*
Saprolegnia 269. 286. 318.
— capitulifera 201. 287.
— ferax 198.
Sarcococca 39.
Scenedesmus 267.
Schizochlamys 193. 246.
Schizonema 149. 306.
Schizosiphon 157. 189.
Schwärmzellen s. *Gonidien.*
Schwinden der Blattbildung 88.
Schwindezellen im Keimsack 297.
Sciadium 200. 223. 278.
Scrophularineae 35. 95. 105.
Scutellaria 95.
Scytonema 157. 190. 199.
Scytonemeae 156. 189.
Sesleria 92.
Sirogonium 308.
Sirosiphon 160.
Solanaceae 105.
Solanum tuberosum 33. 40. 56.
Solidago 33.
Spargel 47.
Spermosira 156.
Sphaeroplea 176. 289. 300.
Sphaerozyga 156.
Spirogyra 144. 187. 192. 209. 215. 240. 253. 257. 300. 308.
— lubrica 261.
— mirabilis 321.
Sporen 143. 175.
Sprossbildung 23.
— *Beziehung zur Charakteristik* 41.
— *Beziehung zur Oekonomie* 44.

Digitized by Google

Staubblätter 68.
Staurocarpus 144. 307. 316.
Stauroceras 307.
Staurospermum s. Staurocarpus.
Stärkekörner 211. 220.
— *Auflösung derselben* 207. 209.
Stellaria media 101. 105. 106.
Stengelbildung 115.
Stigeoclonium 148. 167. 174. 195. 223. 240.
Struthiopteris 115.
Syzygites 310.
Tamarix 43. 105.
Tanacetum 33.
Tetmemorus 311. 312.
Tetrachococcus 276.
Tetraspora 141. 223.
Thesium 96.
Thuja 43.
Thyllen 271.
Tilia 49. 57. 107.
Tiliaceae 100.
Tolypothrix 157. 199.
Tradescantia *(Pollenbildung)* 275.
Trifolium montanum 35.
Triticum 43.
Tropaeolum 33. 42.
Tulpe 20. 29. 60. 72. 333.
Ueberhaut s. *Cuticula.*
Ulothrix 134. 167. 170. 186. 213.
— zonata 158. 196. 223. 239.
— Braunii 189. 196. 223. 267.
Ulva 134. 196. 267.
Umwandlung der Pistille in Stamina 103.
Urococcus 190. 246.
Valeriana officinalis 73.
Valonia 201. 291.
Vaucheria 137. 150. 167. 174. 186. 195. 223. 227. 237. 269.
Vaucheria *(Copulation)* 317.
Veratrum 72.
Veronica Chamaedrys 62.
Vermehrungssprosse 40.
Vierlingssporen 272.
Viertheilung der Zellen 272.
Vinca minor 334.
Vitis 49.
— vinifera laciniosa 333. 335.
Volvocinen 168. 227. 232. 268.
— *Aug derselben* 223.
Weide s. Salix.
Weinrebe 49. 335.
Wurzel 119.
Wurzelsprosse 25.
Zellbildung 129. 131.
— *abnorme* 177. 300.
— *freie* 175. 178. 254. 277. 290. 293.
— *durch Abschnürung* 268.
— *durch Theilung* 179. 248 ·256. 264.
— *Zeit derselben* 240.
Zellhäutung 192. 201.
Zellhaut 166. 185.
— *Abschälung* 192. 248.
— *Auflösung* 202.
— *Schichtung* 236. 246.
— *Zerreissung* 188.
Zellinhalt 166. 185.
— *Auflösungen in demselben* 207.
Zellkern 185.
— *Auflösung desselben* 265.
— *Theilung desselben* 266.
Zonaria Pavonia 191.
Zweitheilung der Zellen 248.
Zygnema 187. 308.
Zygnemaceae 142. 143. 175. 185. 192. 307.
Zygogonium 308.
— ericetorum 189.

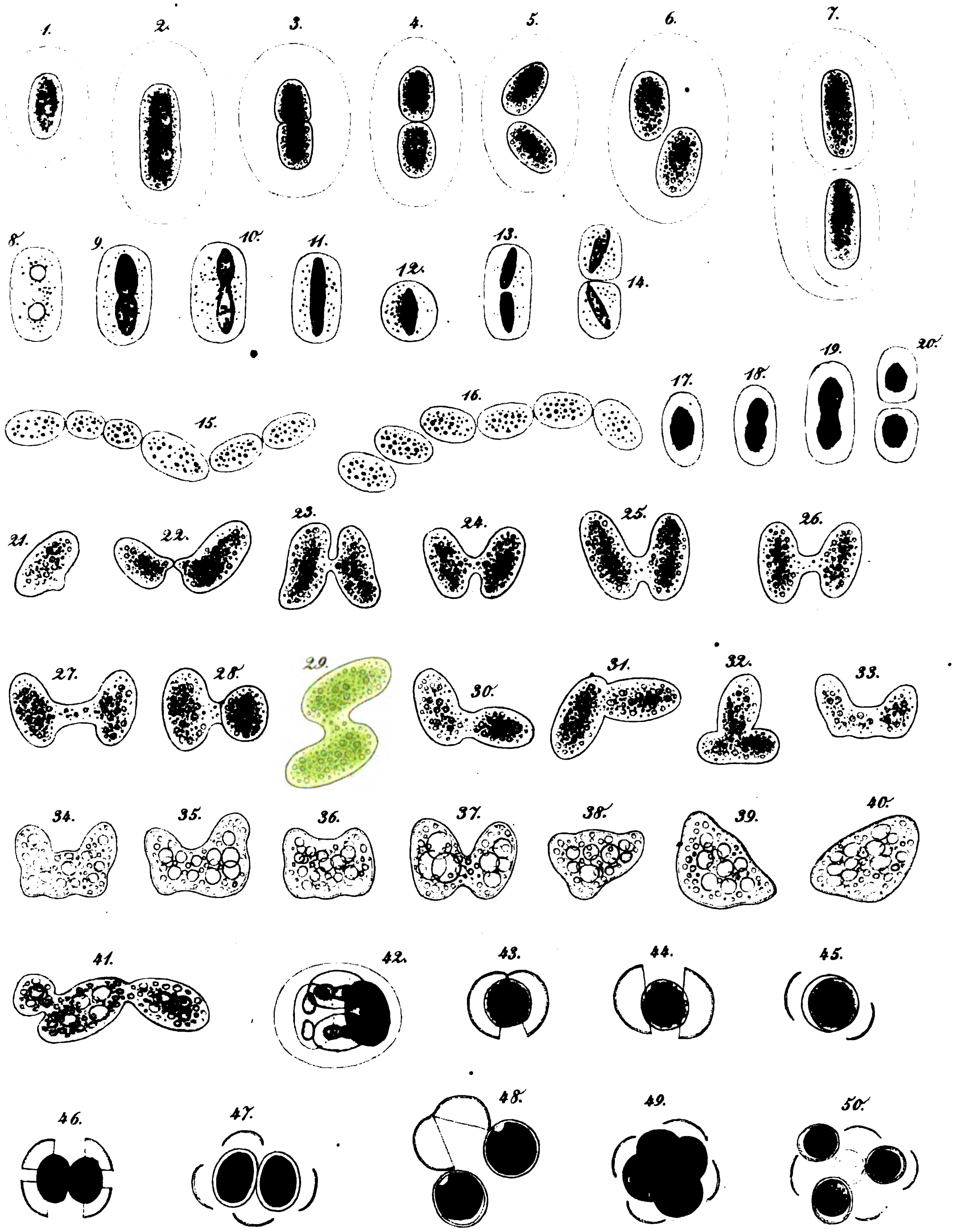
Digitized by Google

Druckfehler.

Seite 12 Zeile 2 statt: Albies, lies: Abies.
— 17 — 2 statt: in ihm, lies: ihm.
— 58 — 29 statt: hiervor, lies: hervor.
— 127 — 31 statt: er, lies: es.
— 136 — 1 ist das Wörtchen „sich“ zu streichen.
— 136 — 3 statt: festsetzt, lies: festsetzen.
— 136 — 8 statt: Sporen, lies: Keimzellen (ebenso in der Anmerkung).
— 144 — 17 statt: Messocarpus, lies: Mesocarpus.
— 160 — 20 statt: Hassalia, lies: Hassallia.
— 191 — 14 statt: der Thallus, lies: des Thallus.
— 197 — 1 statt: p. 137, lies: p. 147.
— 206 — 15 statt: Resorbtion, lies: Resorption.
— 212 — 1 ist das Wörtchen „etwas“ zu streichen.
— 307 — 18 statt: Staurospermum, lies: Staurocarpus Hassall (Staurospermum K.)

Digitized by Google

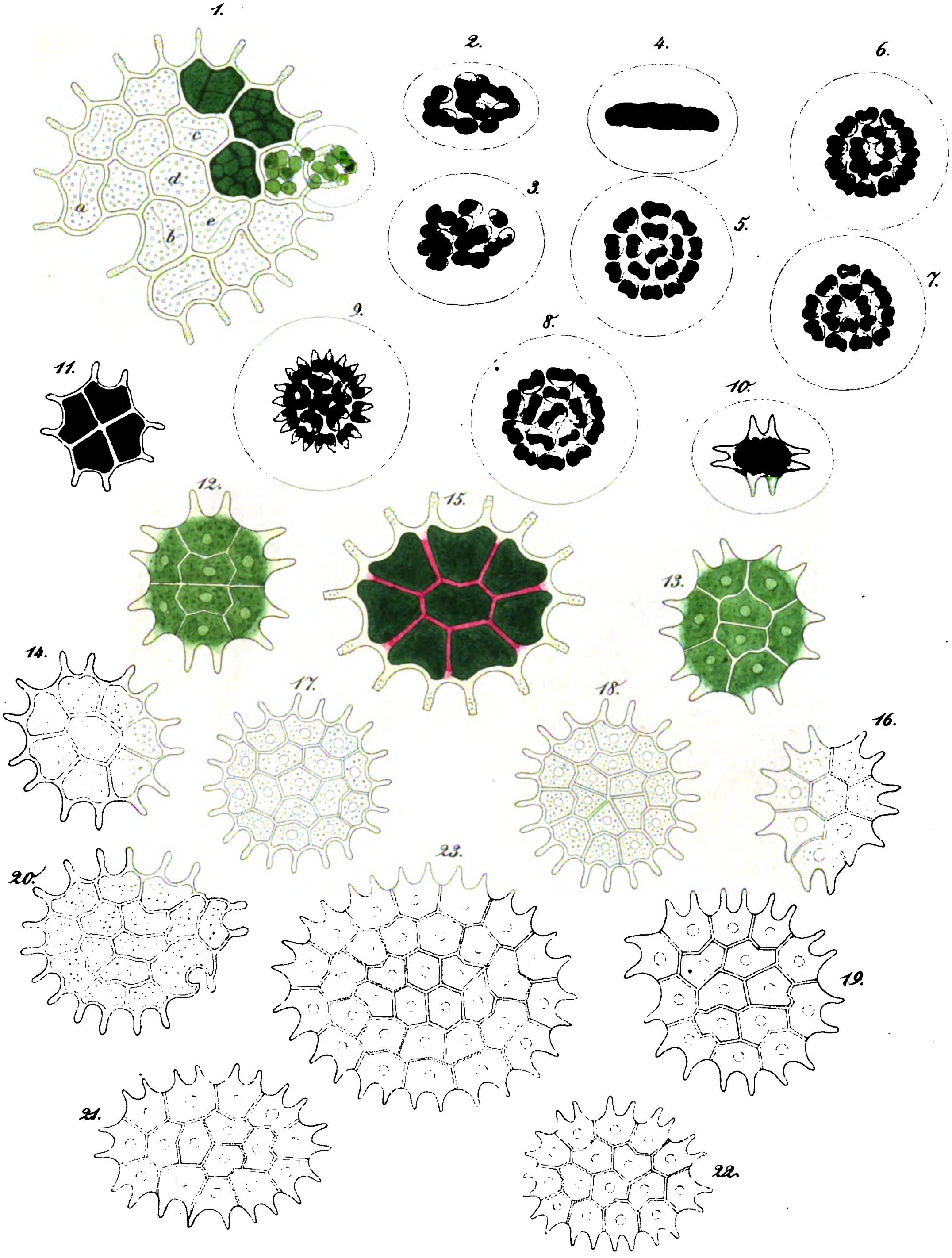
Tab. I.



1–41. *Palmogloea macrococca.* 42–50 *Schizochlamys gelatinosa.*

Digitized by Google

Digitized by Google



Pediastrum granulatum.

Digitized by Google

Digitized by Google

Tab. III.

Flores mixti e Cytiso Adami et Laburno.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 00611 5607

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google